



# UNIVERSIDAD DE CUENCA



FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

## **“EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO DEL SECTOR EL VALLE Y SU MARCO SOSTENIBLE”**

Trabajo de Titulación previo a la  
obtención del Título de Ingeniero  
Civil

### **AUTORES:**

ANDRÉS ESTEBAN BECERRA DELGADO  
C.I. 0104821756

PABLO SEBASTIÁN SÁNCHEZ REINOSO  
C.I.0105067607

### **DIRECTOR:**

ING.DANIEL ESTUARDO MOGROVEJO CARRASCO, M.Sc. Ph.D.  
C.I. 0301500476

CUENCA – ECUADOR

2018



## RESUMEN

La red de pavimentos del centro de la parroquia El Valle está constituida por pavimentos flexibles en su mayoría, rígidos y vías no pavimentadas. Esta red vial es importante para los moradores porque representa la principal fuente de comunicación para sus actividades diarias. Así mismo su salud puede verse afectada por la circulación vehicular. El frenado constante de los vehículos por el deterioro de las vías produce sustancias tóxicas dañinas para la salud.

Para establecer la condición real de las vías se ha realizado una evaluación funcional de la red, que establece el estado superficial del pavimento, el mismo que el usuario mejor percibe y valora. Además de esto, se evaluó el estado pavimento mediante ensayos no destructivos. Estos constituyen una manera sostenible y aceptable para determinar el mantenimiento que este necesita.

Para el análisis funcional se ha determinado mediante tres métodos para vías pavimentadas: Índice de Condición del Pavimento (PCI), Windshield Pavement Condition Index y el Formulario de Acreditación Vial del MTOP. Por otro lado, para las vías no pavimentadas: Unsurfaced Road Condition Index (URCI) y Paser Manual-Gravel Roads. Estos métodos constituyen una evaluación completa para determinar las diferentes patologías en la red vial y así una correcta calificación y toma de decisiones.

Con los resultados obtenidos después de realizar los distintos métodos antes mencionados, nos dará a conocer el estado real de la vía. Esto ayudara a establecer un sistema de gestión vial que consiste en la optimización, priorización y jerarquización de la red con el fin de determinar soluciones para las futuras intervenciones.

Palabras clave: análisis funcional, gestión vial, toma de decisiones, intervenciones.



## ABSTRACT

The pavement network in El Valle, it is constituted by a flexible and rigid pavement but the roads are not paved. This road network represents the main source of communication for those who live around to perform their daily business activity. Thus, their health could be affected by vehicular circulation. The constant braking in vehicles, because of the road deterioration, produce toxic substances harmful for individuals' health.

In order to establish a real condition of the roads, a functional evaluation of the network was performed. This provides the superficial state of the pavements which is evaluated by the user. Moreover, an evaluation of the pavement by nondestructing testing was done as well. This represents a sustainable and acceptable manner to determine which type of maintenance is required.

To perform the functional analysis, three methods will be used for paved roads: Pavement Condition Index (PCI), Windshield Pavement Condition Index, and the pavement Road accreditation form supplied by MTOP. On the other hand, for the non-paved road: Unsurfaced Road condition index (URCI) and Paser Manual-Gravel Roads. These methods provide a complete evaluation to define diverse pathologies and a correct score to make the decisions.

The obtained results, using the various methods discussed above, will display the real state of the road. This will help to establish a road management system which consists of optimization, prioritization, and hierarchy of the network in order to define solutions for future interventions.

Keywords: functional analysis, road management, decision making, interventions



## ÍNDICE

RESUMEN .....	2
ABSTRACT .....	3
ÍNDICE .....	4
ÍNDICE DE FIGURAS .....	12
ÍNDICE DE TABLAS .....	17
ÍNDICE DE ANEXOS .....	23
ÍNDICE DE CUADROS .....	23
CLÁUSULA DE PROPIEDAD INTELECTUAL .....	24
CLÁUSULA DE LICENCIA Y AUTORIZACIÓN PARA PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL .....	26
AGRADECIMIENTOS .....	28
DEDICATORIA.....	29
CAPÍTULO 1. GENERALIDADES .....	31
1.1. INTRODUCCIÓN .....	31
1.2. ANTECEDENTES .....	33
1.3. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA .....	33
1.4. JUSTIFICACIÓN .....	33
1.5. OBJETIVOS .....	34
1.5.1. OBJETIVO GENERAL.....	34
1.5.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS .....	34
CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO.....	36
2.1. VÍAS PAVIMENTADAS.....	36
2.1.1. DEFINICIÓN DE PAVIMENTO.....	36
2.1.2. CLASIFICACIÓN DE LOS PAVIMENTOS .....	36
2.1.2.1. PAVIMENTOS FLEXIBLES .....	37
2.1.2.1.1. Definición de Pavimentos Flexibles.....	37
2.1.2.1.2. Elementos de los Pavimentos Flexibles .....	37
2.1.2.2. PAVIMENTOS RÍGIDOS .....	38
2.1.2.2.1. Definición de Pavimentos Rígidos.....	38
2.1.2.2.2. Elementos de los Pavimentos Rígidos .....	39
2.1.3. CICLO DE VIDA DE LOS PAVIMENTOS.....	39
2.1.3.1. CICLO DE VIDA FATAL DE LOS PAVIMENTOS .....	39





2.1.3.2.	CICLO DE VIDA DESEABLE DE LOS PAVIMENTOS .....	41
2.2.	VÍAS NO PAVIMENTADAS .....	43
2.2.1.	DEFINICIÓN DE VÍAS NO PAVIMENTADAS .....	43
2.2.2.	CLASIFICACIÓN DE LAS VÍAS NO PAVIMENTADAS.....	43
2.2.3.	ELEMENTOS DE LAS VÍAS NO PAVIMENTADAS .....	44
2.2.4.	CICLO DE VIDA DE LAS VIAS NO PAVIMENTADAS.....	44
2.3.	SISTEMAS DE GESTIÓN.....	45
2.3.1.	INTRODUCCIÓN Y GENERALIDADES DE GESTIÓN Y SISTEMAS DE GESTIÓN .....	45
2.3.2.	SISTEMA DE GESTIÓN DE PAVIMENTOS .....	46
2.3.3.	GESTIÓN DE PAVIMENTOS.....	47
2.4.	EVALUACIÓN DE PAVIMENTOS .....	47
2.4.1.	INTRODUCCIÓN DE EVALUACIÓN DE PAVIMENTOS .....	47
2.4.2.	IMPORTANCIA DE LA EVALUACIÓN DE PAVIMENTOS.....	48
2.4.3.	EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE LOS PAVIMENTOS .....	48
2.4.4.	EVALUACIÓN FUNCIONAL DE LOS PAVIMENTOS .....	49
2.4.4.1.	CONDICIÓN DEL PAVIMENTO .....	50
2.4.5.	FALLAS EN LOS PAVIMENTOS.....	50
2.4.5.1.	DEFINICIÓN DE FALLAS EN LOS PAVIMENTOS .....	50
2.4.5.2.	CLASIFICACIÓN DE LA FALLAS.....	51
2.4.5.3.	FALLAS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES .....	51
2.4.5.4.	FALLAS EN PAVIMENTOS RÍGIDOS .....	53
2.4.6.	METODOLOGÍAS DE EVALUACIÓN SUPERFICIAL DE PAVIMENTOS.....	54
2.4.6.1.	ÍNDICE DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO PCI .....	54
2.4.6.2.	WINDSHIELD PAVEMENT CONDITION INDEX.....	54
2.4.6.3.	FORMULARIO DE ACREDITACIÓN VIAL DEL MTOP .....	55
2.5.	EVALUACION DE VÍAS NO PAVIMENTADAS .....	55
2.5.1.	INTRODUCCIÓN DE EVALUACIÓN EN VÍAS NO PAVIMENTADAS .....	55
2.5.2.	IMPORTANCIA DE LA EVALUACIÓN DE VÍAS NO PAVIMENTADAS .....	55
2.5.3.	FALLAS EN VÍAS NO PAVIMENTADAS.....	55



2.5.4. CLASIFICACIÓN DE LAS FALLAS EN VÍAS NO PAVIMENTADAS .....	56
2.6. CONSERVACIÓN VIAL .....	56
2.6.1. INTRODUCCIÓN DE CONSERVACIÓN VIAL .....	56
2.6.2. IMPORTANCIA DE LA CONSERVACIÓN VIAL.....	57
2.7. INTERVENCIONES EN LOS PAVIMENTOS.....	57
2.7.1. MANTENIMIENTO DE PAVIMENTOS .....	57
2.7.1.1. TIPOS DE MANTENIMIENTO .....	58
2.7.1.1.1. Mantenimiento Preventivo .....	58
2.7.1.1.2. Mantenimiento Rutinario.....	58
2.7.1.1.3. Mantenimiento Periódico .....	59
2.7.1.1.4. Mantenimiento Diferido .....	59
2.7.1.1.5. Mantenimiento Correctivo.....	59
2.7.1.2. ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES .....	59
2.7.1.2.1. Limpieza de alcantarillas y cunetas (NEVI, 2012) .....	59
2.7.1.2.2. Sellado de grietas (NEVI, 2012) .....	60
2.7.1.2.3. Parcheo o bacheo superficial y profundo (NEVI, 2012).....	61
2.7.1.2.4. Nivelación de bermas con mezcla asfáltica (Ministerio de Transporte y Comunicaciones de Perú, 2013) .....	62
2.7.1.2.5. Aplicación de arena/agregados (Tratamiento de zonas de exudación) (NEVI, 2012) .....	63
2.7.1.2.6. Fresado de la carpeta asfáltica (NEVI, 2012).....	63
2.7.1.2.7. Tratamiento superficial (Ministerio de Transporte y Comunicaciones de Perú, 2013) .....	64
2.7.1.2.8. Sobrecarpeta asfáltica (recapeo) (Ministerio de Transporte y Comunicaciones de Perú, 2013) .....	65
2.7.1.2.9. Sello superficial (NEVI, 2012).....	66
2.7.1.2.10. Escarificación y re conformación de la carpeta asfáltica (Secretaria de Integración Económica Centroamericana, 2010) .....	66
2.7.1.3. ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO DE PAVIMENTOS RÍGIDOS .....	67
2.7.1.3.1. Parcheo o bacheo superficial (NEVI, 2012).....	67
2.7.1.3.2. Sellado de grietas y resellado de juntas (NEVI, 2012) .....	68



2.7.1.3.3. Renivelación y llenado de berma para ajustar a nivel del carril (NEVI, 2012).....	69
2.7.1.3.4. Fresado (Ministerio de Transporte y Comunicaciones de Perú, 2013) .....	70
2.7.1.3.5. Reemplazo de losa (Ministerio de Transporte y Comunicaciones de Perú, 2013) .....	70
2.7.1.3.6. Sobrecarpeta asfáltica (Recapeo) (NEVI, 2012) .....	71
2.7.2. REHABILITACIÓN.....	71
2.7.3. RECONSTRUCCIÓN .....	72
2.8. OPTIMIZACIÓN .....	72
2.8.1. MATRICES DE PROBABILIDAD DE TRANSICIÓN DEL PAVIMENTO (MATRICES MARKOV) .....	72
2.9. PRIORIZACIÓN Y JERARQUIZACIÓN .....	73
2.9.1. ANÁLISIS DE COSTOS .....	74
CAPÍTULO 3. MATERIALES Y MÉTODOS .....	75
3.1. ÁREA DE ESTUDIO .....	76
3.1.1. DATOS GENERALES .....	76
3.1.2. ZONA DE ESTUDIO.....	76
3.2. MATERIALES E INSTRUMENTOS .....	78
3.3. METODOLOGÍAS DE CÁLCULO DEL ÍNDICE DE LA CONDICIÓN EN VÍAS PAVIMENTADAS.....	79
3.3.1. ÍNDICE DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI) .....	79
3.3.1.1. INTRODUCCIÓN DEL MÉTODO PCI.....	79
3.3.1.2. PROCEDIMIENTO DE EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO .....	80
3.3.1.3. DIVISIÓN DEL PAVIMENTO EN UNIDADES DE MUESTRA... 83	
3.3.1.4. DETERMINACIÓN DE LAS UNIDADES DE MUESTREO.....	83
3.3.1.5. SELECCIÓN DE LAS UNIDADES DE MUESTREO .....	84
3.3.1.5.1. Selección de las Unidades de Muestreo Adicionales.....	84
3.3.1.6. PROCEDIMIENTO DE LA ENCUESTA DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO .....	85
3.3.1.7. CÁLCULO DEL PCI DE LAS UNIDADES DE MUESTREO .....	85
3.3.1.7.1. Cálculo del PCI para pavimentos con Superficie Asfáltica . 85	



3.3.1.7.2. Cálculo del PCI para pavimentos con Superficie de Concreto .....	87
3.3.1.8. EJEMPLO DE APLICACIÓN DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE ..	88
3.3.2. WINDSHIELD PAVEMENT CONDITION .....	90
3.3.2.1. INTRODUCCIÓN DEL MÉTODO WINDSHIELD .....	90
3.3.2.2. PROCEDIMIENTO DE EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO .....	91
3.3.2.3. PROCEDIMIENTO DE LA ENCUESTA DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO .....	93
3.3.2.4. CÁLCULO DEL WINDSHIELD PAVEMENT CONDITION (CCI) .....	93
3.3.2.5. EJEMPLO DE APLICACIÓN DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE.. .....	95
3.3.3. FORMULARIO DE ACREDITACIÓN VIAL DEL MINISTERIO DE TRANSPORTE Y OBRAS PÚBLICAS.....	97
3.3.3.1. INTRODUCCIÓN DEL MÉTODO DEL MTOP .....	97
3.3.3.2. PROCEDIMIENTO DE EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO .....	98
3.3.3.2.1. Inspección del pavimento.....	98
3.3.3.2.2. Atribución de conceptos .....	98
3.3.3.2.3. Análisis de la base de datos .....	99
3.3.3.2.4. Calificación.....	99
3.3.3.2.5. Disposiciones finales.....	99
3.3.3.3. DEFINICIÓN DE LOS ELEMENTOS DEL MANUAL DE ACREDITACIÓN VIAL MTOP .....	99
3.3.3.3.1. Características de la vía.....	100
3.3.3.3.2. Operatividad.....	100
3.3.3.3.3. Señalización.....	101
3.3.3.3.4. Estética .....	102
3.3.3.3.5. Estructuras viales.....	103
3.3.3.4. PROCEDIMIENTO DE LA ENCUESTA DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO .....	103
3.3.3.5. CÁLCULO DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DE LA VÍA .....	104



3.3.3.6. EJEMPLO DE APLICACIÓN DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE..	104
3.4. METODOLOGÍAS DE CÁLCULO DEL ÍNDICE DE LA CONDICIÓN EN VÍAS NO PAVIMENTADAS ..	106
3.4.1. ÍNDICE DE CONDICIÓN DE VÍAS SIN CAPA DE RODADURA (URCI) ..	106
3.4.1.1. INTRODUCCIÓN DEL MÉTODO URCI.....	106
3.4.1.2. PROCEDIMIENTO DE EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO .....	107
3.4.1.3. DIVISIÓN EN SECCIONES DE VÍAS SIN CAPA DE RODADURA.....	107
3.4.1.4. DETERMINACIÓN DE LAS UNIDADES DE MUESTREO ..	107
3.4.1.5. PROCEDIMIENTO DE LA ENCUESTA DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO .....	108
3.4.1.6. CÁLCULO DEL URCI DE LAS UNIDADES DE MUESTREO ....	108
3.4.1.7. EJEMPLO DE APLICACIÓN.....	110
3.4.2. PASER MANUAL GRAVEL ROADS .....	112
3.4.2.1. INTRODUCCIÓN DEL MÉTODO PASER.....	112
3.4.2.2. PROCEDIMIENTO DE EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO .....	112
3.4.2.3. PROCEDIMIENTO DE LA ENCUESTA DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO .....	113
3.4.2.4. CÁLCULO DE LA CONDICIÓN DE LA VIA SIN CAPA DE RODADURA .....	113
3.4.2.5. EJEMPLO DE APLICACIÓN.....	114
3.4.3. OPTIMIZACIÓN DE LA RED VIAL.....	116
3.4.3.1. PARÁMETROS CONSIDERADOS EN LAS VÍAS PAVIMENTADAS .....	116
3.4.3.2. MATRICES DE PROBABILIDAD DE TRANSICIÓN DE MARKOV .....	118
3.4.4. PRIORIZACIÓN EN LA INTERVENCIÓN DE LA RED VIAL.....	120
3.4.5. JERARQUIZACIÓN DE LA RED VIAL .....	120
CAPÍTULO 4. RESULTADOS Y DISCUSIONES .....	121



4.1. EVALUACIÓN Y APLICACIÓN DE LOS MÉTODOS PARA LA EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN DE LA SUPERFICIE .....	121
4.1.1. VÍAS PAVIMENTO FLEXIBLE.....	121
4.1.1.1. MÉTODO PCI .....	121
4.1.1.2. MÉTODO WINDSHIELD PAVEMENT CONDITION ÍNDEX .....	122
4.1.1.3. MÉTODO ACREDITACIÓN VIAL DEL MTOP .....	124
4.1.2. VÍAS PAVIMENTO RÍGIDO .....	126
4.1.2.1. MÉTODO PCI .....	126
4.1.2.2. MÉTODO MTOP.....	126
4.1.3. VÍAS NO PAVIMENTADAS.....	127
4.1.3.1. MÉTODO URCI .....	127
4.1.3.2. MÉTODO PASER .....	128
4.2. COMPARACIÓN DE LOS MÉTODOS PARA LA EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN DE LA SUPERFICIE.....	130
4.2.1. PAVIMENTO FLEXIBLE.....	130
4.2.1.1. CALIFICACIONES MEDIANTE EL MÉTODO PCI, WINDSHIELD Y MTOP .....	130
4.2.1.2. ELEMENTOS DE CALIFICACIÓN.....	131
4.2.1.3. VARIABILIDAD DE LA CONDICIÓN DE LOS PAVIMENTOS ... ..	132
4.2.2. PAVIMENTO RÍGIDO MEDIANTE .....	134
4.2.2.1. CALIFICACIONES MEDIANTE EL MÉTODO PCI, WINDSHIELD Y MTOP .....	134
4.2.3. VÍAS NO PAVIMENTADAS MEDIANTE EL MÉTODO URCI Y PASER .....	134
4.2.3.1. CALIFICACIONES MEDIANTE EL MÉTODO URCI Y PASER .....	134
4.2.3.2. ELEMENTOS DE CALIFICACIÓN.....	135
4.2.3.3. VARIABILIDAD DE LA CONDICION DE LAS VÍAS NO PAVIMENTADAS .....	135
4.3. OPTIMIZACIÓN DE LA RED VIAL PAVIMENTADA.....	136
4.3.1. MATRICES DE PROBABILIDAD DE TRANSICIÓN DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO .....	136
4.3.1.1. Metodología PCI – Pavimentos Flexibles .....	138



4.3.1.2.	Metodología WINDSHIELD – Pavimentos Flexibles .....	144
4.3.1.3.	Metodología MTOP – Pavimentos Flexibles .....	149
4.3.1.4.	Metodología PCI – Pavimentos Rígidos .....	154
4.3.1.5.	Metodología MTOP – Pavimentos Rígidos .....	159
4.4.	PRIORIZACIÓN EN LA INTERVENCIÓN DE LOS PAVIMENTOS ..	163
4.4.1.	PAVIMENTO FLEXIBLE.....	163
4.4.1.1.	Metodología PCI .....	163
4.4.1.2.	Metodología WINDSHIELD.....	164
4.4.1.3.	Metodología MTOP.....	165
4.5.	JERARQUIZACIÓN DE LAS INTERVENCIONES .....	165
4.5.1.	UNIDADES DE COSTO (UC).....	165
4.5.1.1.	PAVIMENTOS FLEXIBLES.....	166
4.5.1.2.	PAVIMENTOS RÍGIDOS.....	167
4.5.2.	ANÁLISIS DE COSTOS .....	168
4.5.2.1.	PAVIMENTOS FLEXIBLES.....	168
4.5.2.2.	PAVIMENTOS RÍGIDOS.....	169
CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....		172
5.1.	CONCLUSIONES .....	172
5.2.	RECOMENDACIONES .....	174
BIBLIOGRAFÍA .....		175
ANEXOS .....		179



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ejemplo de una pavimento flexible.....	37
Figura 2. Sección de un Pavimento Flexible (Armijos, 2009). ....	38
Figura 3. Ejemplo de un Pavimento Rígido. ....	39
Figura 4. Sección de un Pavimento Rígido (Armijos, 2009). ....	39
Figura 5. Ciclo de vida de las vías pavimentadas sin mantenimiento (Carpio, 2017). ....	41
Figura 6. Diagrama de flujo de vías pavimentadas sin mantenimiento (Carpio, 2017). ....	41
Figura 7. Ciclo de vida deseable de las vías pavimentadas (Carpio, 2017). ....	42
Figura 8. Diagrama de flujo de vías pavimentadas con mantenimiento (Carpio, 2017). ....	42
Figura 9. Ejemplo de una Vía No Pavimentada. ....	43
Figura 10. Sección de una Vía No Pavimentada (Cárdenas, 2012). ....	44
Figura 11. Gestión de pavimentos (Granda, 2016). ....	46
Figura 12. Fallas en los pavimentos flexibles (Vásquez, 2002). ....	52
Figura 13. Fallas en los pavimentos flexibles (Vásquez, 2002). ....	53
Figura 14. Diagrama de gestión de pavimentos - El Valle .....	75
Figura 15. Área de estudio - El Valle. ....	77
Figura 16. Composición de la red vial - El Valle. ....	78
Figura 17. Ejemplo de tipo, severidad y medida de cada deterioro. ....	82
Figura 18. Ejemplo del registro fotográfico de cada deterioro. ....	82
Figura 19. Ejemplo de aplicación para el cálculo del PCI: Hoja de inspección. ....	89
Figura 20. Ejemplo de aplicación para el cálculo del PCI: Calculo de máximo valor deducido corregido (CDV). ....	90
Figura 21. Ejemplo de aplicación para el cálculo del CCI: Hoja de inspección. ....	96
Figura 22. Ejemplo de aplicación para el cálculo del CCI: Calculo del LDR y NDR. ....	96
Figura 23. Ejemplo de aplicación para el cálculo del índice MTOP. ....	105
Figura 24. Ejemplo de aplicación para el cálculo del URCl: Hoja de inspección. ....	111
Figura 25. Ejemplo de aplicación para el cálculo del CCI: Calculo del URCl. ....	111
Figura 26. Ejemplo de aplicación método Paser: Hoja de inspección. ....	115





Figura 27. Ejemplo de aplicación método Paser: Cálculo del Índice de la condición de la superficie.....	115
Figura 28. Matriz de probabilidad de transición del pavimento – Mantenimiento Preventivo.....	118
Figura 29. Matriz de probabilidad de transición del pavimento – Mantenimiento Correctivo.....	118
Figura 30. Matriz de probabilidad de transición del pavimento – Recapeo. ...	118
Figura 31. Matriz de probabilidad de transición del pavimento – Rehabilitación. ....	118
Figura 32. Matriz de probabilidad de transición del pavimento – Reconstrucción. ....	119
Figura 33. Matriz de probabilidad de transición del pavimento – Sin Intervención.....	119
Figura 34. Ejemplo de resultados del análisis Markov. ....	120
Figura 35. Porcentaje del área total de la red de pavimento: Metodología PCI: Metodología PCI – El Valle. ....	122
Figura 36. Porcentaje del área total de la red de pavimento: Metodología Windshield – El Valle. ....	124
Figura 37. Porcentaje del área total de la red de pavimento: Metodología MTOP – El Valle.....	126
Figura 38. Porcentaje del área total de la red no pavimentada: Metodología URCI – El Valle. ....	128
Figura 39. Porcentaje del área total de la red no pavimentada: Metodología PASER – El Valle.....	129
Figura 40. Porcentaje de Evaluación de la condición del pavimento de cada método. ....	132
Figura 41. Diagrama de caja y bigotes para calificación de pavimentos flexibles: Tres métodos – El Valle. ....	133
Figura 42. Diagrama de caja y bigotes para calificación de vías no pavimentadas: Dos métodos – El Valle.....	136
Figura 43. Estado de los Pavimentos - Metodología PCI.....	139
Figura 44. Proyección del estado del pavimento de la corrida SIN INTERVENCIÓN en la red vial – PCI.....	141



Figura 45. Proyección del estado del pavimento de la corrida INTERVENCIÓN SUGERIDA POR EL PROGRAMA en la red vial – PCI .....	143
Figura 46. Estado de los Pavimentos - Metodología Windshield. ....	144
Figura 47. Proyección del estado del pavimento de la corrida SIN INTERVENCIÓN en la red vial – Windshield. ....	146
Figura 48. Proyección del estado del pavimento de la corrida INTERVENCIÓN SUGERIDA POR EL PROGRAMA en la red vial – Windshield.....	148
Figura 49. Estado de los Pavimentos - Metodología MTOP. ....	149
Figura 50. Proyección del estado del pavimento de la corrida SIN INTERVENCIÓN en la red vial – MTOP. ....	151
Figura 51. Proyección del estado del pavimento de la corrida INTERVENCIÓN SUGERIDA POR EL PROGRAMA en la red vial – MTOP.....	153
Figura 52. Proyección del estado del pavimento de la corrida SIN INTERVENCIÓN en la red vial pavimento rígido– PCI .....	156
Figura 53. Proyección del estado del pavimento de la corrida INTERVENCIÓN SUGERIDA POR EL PROGRAMA en la red vial pavimento rígido – PCI.....	158
Figura 54. . Estado de los Pavimentos Rígidos - Metodología MTOP. ....	159
Figura 55. Proyección del estado del pavimento de la corrida SIN INTERVENCIÓN en la red vial pavimento rígido – MTOP. ....	161
Figura 56. Proyección del estado del pavimento de la corrida INTERVENCIÓN SUGERIDA POR EL PROGRAMA en la red vial pavimento rígido– MTOP. .	163
Figura 57. Estados de los pavimentos flexibles analizados-PCI-Windshield-MTOP.....	166
Figura 58. Porcentaje de Unidad de Costo para pavimento flexible- Metodologías PCI, WINDSHIELD, MTOP.....	166
Figura 59. Estados de los pavimentos rígidos analizados-PCI-Windshield-MTOP.....	167
Figura 60. Porcentaje de Unidad de Costo para pavimento rígidos- Metodologías PCI, WINDSHIELD, MTOP.....	168
Figura 61. Piel de Cocodrilo severidades L,M,H .....	255
Figura 62. Exudación severidades L,M,H .....	256
Figura 63. Agrietamiento en Bloque severidades L,M,H .....	257
Figura 64. Abultamiento y Hundimiento severidades L,M,H .....	259
Figura 65. Corrugación severidades L,M,H.....	260



Figura 66. Depresión severidades L,M,H.....	262
Figura 67. Agrietamiento de Borde severidades L,M,H.....	263
Figura 68. Agrietamiento por Reflexión severidades L,M,H.....	265
Figura 69. Desprendimiento de Borde severidades L,M,H.....	266
Figura 70. Agrietamiento Longitudinal y Transversal severidades L,M,H.....	268
Figura 71. Bacheo severidades L,M,H.....	269
Figura 72. Agregado Pulido.....	271
Figura 73. Baches severidades L,M,H.....	272
Figura 74. Cruce de rieles de Tren severidades L,M,H.....	273
Figura 75. Ahuellamiento severidades L,M,H.....	274
Figura 76. Desplazamiento severidades L,M,H.....	276
Figura 77. Agrietamiento por Deslizamiento severidades L,M,H.....	277
Figura 78. Hinchamiento.....	279
Figura 79. Meteorización severidades M,H.....	280
Figura 80. Meteorización severidades L,M,H.....	282
Figura 81. Gráficas del Valor Deducido.....	283
Figura 82. Gráficas del Valor Deducido.....	284
Figura 83. Gráficas del Valor Deducido.....	285
Figura 84. Curva valor deducible corregido.....	286
Figura 85. Blow up / buckling severidades L,M,H.....	287
Figura 86. Grieta de esquina severidades L,M,H.....	288
Figura 87. Losa dividida severidades L,M,H.....	289
Figura 88. Grieta de durabilidad severidades L,M,H.....	291
Figura 89. Escala severidades L,M,H.....	292
Figura 90. Daño sello de junta severidades L,M,H.....	293
Figura 91. Desnivel carril / berma severidades L,M,H.....	294
Figura 92. Grieta lineal severidades L,M,H.....	295
Figura 93. Parche severidades L,M,H.....	298
Figura 94. Pulimento de Agregado.....	299
Figura 95. Punzonamiento severidades L,M,H.....	301
Figura 96. Gráficas del Valor Deducido.....	303
Figura 97. Gráficas del Valor Deducido.....	304
Figura 98. Gráficas del Valor Deducido.....	305
Figura 99. Curva valor deducible corregido.....	306



Figura 100. Gráfica del valor deducido de la falla Piel de Cocodrilo .....	309
Figura 101. Gráfica del valor deducido de la falla Grieta Transversales y Reflexión .....	309
Figura 102. Gráfica del valor deducido de la falla Ahuellamiento.....	310
Figura 103. Gráfica del valor deducido de la falla Parcheo .....	310
Figura 104. Sección transversal inadecuada severidades L,M,H.....	314
Figura 105. Drenaje Lateral inadecuado severidades L,M,H .....	315
Figura 106. Corrugación severidades L,M,H.....	316
Figura 107. Polvo severidades L,M,H .....	317
Figura 108. Huecos severidades L,M,H .....	319
Figura 109. Huellas severidades L,M,H .....	320
Figura 110. Agregado Suelto severidades L,M,H.....	321
Figura 111. Gráficas del Valor Deducido .....	322
Figura 112. Gráficas del Valor Deducido .....	323
Figura 113. Curva de corrección del valor total deducible para vías sin capa de rodadura.....	323



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Red vial pavimentada y no pavimentada- El Valle. ....	77
Tabla 2. Rangos de clasificación del PCI (Vásquez, 2002).....	80
Tabla 3. Longitudes de unidades de muestreo para pavimentos flexibles (ASTM D 6433, 2011). ....	83
Tabla 4. Rangos de clasificación del Windshield Pavement Condition (VDOT, 2006).....	91
Tabla 5. Deterioros a considerar en la metodología Windshield. ....	92
Tabla 6. Rangos de clasificación del formulario de Acreditación Vial del MTOP (MTOP, 2012). ....	97
Tabla 7. Evaluación de las Características de la Vía (MTOP, 2012).....	100
Tabla 8. Evaluación de las Operatividad de la Vía (MTOP, 2012). ....	101
Tabla 9. Evaluación de la Señalización Horizontal de la Vía (MTOP, 2012). .	102
Tabla 10. Evaluación de la Señalización Vertical de la Vía (MTOP, 2012). ...	102
Tabla 11. Evaluación Estética de la Vía (MTOP, 2012). ....	103
Tabla 12. Evaluación de las Estructuras Viales (MTOP, 2012).....	103
Tabla 13. Rangos de clasificación del URCI (Cárdenas, 2012). ....	106
Tabla 14. Longitudes de unidades de muestreo para vías no pavimentadas (Vásquez, 2015).....	107
Tabla 15. Clasificación Paser (Cárdenas, 2012). ....	112
Tabla 16. Criterios para la evaluación y calificación de la vía. ....	114
Tabla 17. Puntuación de acuerdo a expertos.....	116
Tabla 18. Puntuación de acuerdo a la importancia de la vía.....	116
Tabla 19. Puntuación de acuerdo al uso de la vía. ....	117
Tabla 20. Puntuación de acuerdo a la opinión del usuario de la vía. ....	117
Tabla 21. Rango de calificación y tratamiento para el valor de Resultado final compuesto (Jugo, 2005) ....	117
Tabla 22. Clasificación de la red vial: Metodología PCI – El Valle. ....	121
Tabla 23. Porcentaje del área total de la red de pavimento: Metodología PCI – El Valle.....	122
Tabla 24. Clasificación de la red vial: Metodología Windshield – El Valle.....	123
Tabla 25. Porcentaje del área total de la red de pavimento: Metodología Windshield – El Valle. ....	124



Tabla 26. Clasificación de la red vial: Metodología MTOP – El Valle.....	125
Tabla 27. Porcentaje del área total de la red de pavimento: Metodología MTOP – El Valle.....	125
Tabla 28. Clasificación de la red vial: Metodología PCI – El Valle.....	126
Tabla 29. Clasificación de la red vial: Metodología MTOP – El Valle.....	126
Tabla 30. Clasificación de la red vial no pavimentada: Metodología URCI – El Valle.....	127
Tabla 31. Porcentaje del área total de la red no pavimentada: Metodología URCI – El Valle.....	128
Tabla 32. Clasificación de la red vial no pavimentada: Metodología PASER – El Valle.....	129
Tabla 33. Porcentaje del área total de la red no pavimentada: Metodología PASER – El Valle.....	129
Tabla 34. Calificación Pavimento Flexible: Tres métodos – El Valle.....	130
Tabla 35. Tipos de Fallas que analiza cada método – Pavimentos Flexible. .	132
Tabla 36. Calificación Pavimento Rígido: Dos métodos – El Valle.....	134
Tabla 37. Calificación Vías No Pavimentadas: Dos métodos – El Valle. ....	134
Tabla 38. Tipos de Fallas que analiza cada método – No Pavimentadas.....	135
Tabla 39. Parámetros y calificaciones red vial – El Valle .....	137
Tabla 40. Valores de RESULTADO FINAL COMPUESTO (RFC) y calificaciones para los tres métodos -El Valle. ....	137
Tabla 41. Puntuación de los parámetros - Metodología PCI.....	138
Tabla 42. Tipo de tratamiento de la red de pavimentos flexibles de acuerdo al RFC - Metodología PCI.....	138
Tabla 43. Resultado de la corrida SIN INTERVENCIÓN en la red vial – PCI.	140
Tabla 44. Resultado de la corrida INTERVENCIÓN SUGERIDA POR EL PROGRAMA en la red vial – PCI. ....	142
Tabla 45. Puntuación de los parámetros - Metodología Windshield. ....	144
Tabla 46. Tipo de tratamiento de la red de pavimentos flexibles -Metodología Windshield.....	144
Tabla 47. Resultado de la corrida SIN INTERVENCIÓN en la red vial – Windshield.....	145
Tabla 48. Resultado de la corrida INTERVENCIÓN SUGERIDA POR EL PROGRAMA en la red vial – Windshield. ....	147



Tabla 49. Puntuación de los parámetros - Metodología MTOP. ....	149
Tabla 50. Tipo de tratamiento de la red de pavimentos flexibles - El Valle. ....	149
Tabla 51. Resultado de la corrida SIN INTERVENCIÓN en la red vial – MTOP. .....	150
Tabla 52. Resultado de la corrida INTERVENCIÓN SUGERIDA POR EL PROGRAMA en la red vial – MTOP.....	152
Tabla 53. Puntuación de los parámetros - Metodología PCI.....	154
Tabla 54. Tipo de tratamiento de la red de pavimentos rígidos de acuerdo al RFC - Metodología PCI.....	154
Tabla 55. Resultado de la corrida SIN INTERVENCIÓN en la red vial pavimento rígido– PCI.....	155
Tabla 56. Resultado de la corrida INTERVENCIÓN SUGERIDA POR EL PROGRAMA en la red vial pavimento rígido – PCI.....	157
Tabla 57. Puntuación de los parámetros - Metodología MTOP.....	159
Tabla 58. Tipo de tratamiento de la red de pavimentos rígidos - El Valle. ....	159
Tabla 59. Resultado de la corrida SIN INTERVENCIÓN en la red vial pavimento rígido– MTOP.....	160
Tabla 60. Resultado de la corrida INTERVENCIÓN SUGERIDA POR EL PROGRAMA en la red vial pavimento rígido – MTOP. ....	162
Tabla 61. Priorización de acuerdo al tipo de tratamiento - PCI.....	164
Tabla 62. Priorización de acuerdo al tipo de tratamiento - Windshield.....	165
Tabla 63. Priorización de acuerdo al tipo de tratamiento - MTOP.....	165
Tabla 64. Comparación unidades de costo (UC) de los pavimentos flexibles entre las diferentes metodologías. ....	166
Tabla 65. Comparación unidades de costo (UC) de los pavimentos rígidos entre las diferentes metodologías. ....	167
Tabla 66. Costos Unitarios pavimento flexible para las diferentes ejecuciones en los tratamientos.....	168
Tabla 67. Costo total de la red de pavimentos - Metodología PCI.....	169
Tabla 68. Costo total de la red de pavimentos - Metodología Windshield.....	169
Tabla 69. Costo total de la red de pavimentos - Metodología MTOP.....	169
Tabla 70. Costos Unitarios pavimento rígido para las diferentes ejecuciones en los tratamientos.....	169
Tabla 71. Costo total de la red de pavimentos - Metodología PCI.....	170



Tabla 72. Costo total de la red de pavimentos - Metodología MTOP.....	170
Tabla 73. Matriz de solución final para las diferentes familias de pavimentos- El Valle .....	171
Tabla 74. Formato Metodología PCI .....	179
Tabla 75.Cálculo PCI Calle F1 .....	180
Tabla 76. Cálculo PCI Calle F2.....	181
Tabla 77. Cálculo PCI Calle F3.....	182
Tabla 78.Cálculo PCI Calle F4.....	183
Tabla 79. Cálculo PCI Calle F5.....	184
Tabla 80. Cálculo PCI Calle F6.....	185
Tabla 81. Cálculo PCI Calle F7.....	186
Tabla 82. Cálculo PCI Calle F8.....	187
Tabla 83. Cálculo PCI Calle F9.....	188
Tabla 84. Cálculo PCI Calle F10.....	189
Tabla 85. Cálculo PCI Calle F11 .....	190
Tabla 86.Cálculo PCI Calle F12.....	191
Tabla 87. Cálculo PCI Calle F13.....	192
Tabla 88. Formato Metodología Windshield.....	193
Tabla 89.Cálculo Windshield Calle F1 .....	194
Tabla 90. Cálculo Windshield Calle F2 .....	195
Tabla 91.Cálculo Windshield Calle F3 .....	196
Tabla 92. Cálculo Windshield Calle F4 .....	197
Tabla 93. Cálculo Windshield Calle F5 .....	198
Tabla 94. Cálculo Windshield Calle F6 .....	199
Tabla 95. Cálculo Windshield Calle F7 .....	200
Tabla 96. Cálculo Windshield Calle F8 .....	201
Tabla 97. Cálculo Windshield Calle F9 .....	202
Tabla 98. Cálculo Windshield Calle F10 .....	203
Tabla 99. Cálculo Windshield Calle F11 .....	204
Tabla 100. Cálculo Windshield Calle F12 .....	205
Tabla 101. Cálculo Windshield Calle F13 .....	206
Tabla 102. Formato Metodología MTOP.....	207
Tabla 103.Cálculo MTOP Calle F1.....	208
Tabla 104.Cálculo MTOP Calle F2.....	209





Tabla 105. Cálculo MTOP Calle F3.....	210
Tabla 106. Cálculo MTOP Calle F4.....	211
Tabla 107. Cálculo MTOP Calle F5.....	212
Tabla 108. Cálculo MTOP Calle F6.....	213
Tabla 109. Cálculo MTOP Calle F7.....	214
Tabla 110. Cálculo MTOP Calle F8.....	215
Tabla 111. Cálculo MTOP Calle F9.....	216
Tabla 112. Cálculo MTOP Calle F10.....	217
Tabla 113. Cálculo MTOP Calle F11.....	218
Tabla 114. Cálculo MTOP Calle F12.....	219
Tabla 115. Cálculo MTOP Calle F13.....	220
Tabla 116. Cálculo MTOP Calle F1.....	221
Tabla 117. Cálculo MTOP Calle F2.....	222
Tabla 118. Cálculo MTOP Calle F3.....	223
Tabla 119. Cálculo MTOP Calle F4.....	224
Tabla 120. Cálculo MTOP Calle F5.....	225
Tabla 121. Cálculo MTOP Calle F6.....	226
Tabla 122. Cálculo MTOP Calle F7.....	227
Tabla 123. Cálculo MTOP Calle F8.....	228
Tabla 124. Cálculo MTOP Calle F9.....	229
Tabla 125. Cálculo MTOP Calle F10.....	230
Tabla 126. Cálculo MTOP Calle F11.....	231
Tabla 127. Cálculo MTOP Calle F12.....	232
Tabla 128. Cálculo MTOP Calle F13.....	233
Tabla 129. Cálculo PCI Calle R1.....	234
Tabla 130. Cálculo PCI Calle R2.....	235
Tabla 131. Cálculo MTOP Calle R1 .....	236
Tabla 132. Cálculo MTOP Calle R2 .....	237
Tabla 133.Cálculo URCI Calle L1 .....	238
Tabla 134. Cálculo URCI Calle L2 .....	239
Tabla 135. Cálculo URCI Calle L3 .....	240
Tabla 136.Cálculo URCI Calle L4 .....	241
Tabla 137. Cálculo URCI Calle L5 .....	242
Tabla 138. Cálculo URCI Calle L6 .....	243



Tabla 139. Cálculo URCI Calle L7 .....	244
Tabla 140. Cálculo URCI Calle L8 .....	245
Tabla 141. Cálculo Grado Superficial Calle L1 .....	246
Tabla 142. Cálculo Grado Superficial Calle L2 .....	247
Tabla 143. Cálculo Grado Superficial Calle L3 .....	248
Tabla 144. Cálculo Grado Superficial Calle L4 .....	249
Tabla 145. Cálculo Grado Superficial Calle L5 .....	250
Tabla 146. Cálculo Grado Superficial Calle L6 .....	251
Tabla 147. Cálculo Grado Superficial Calle L7 .....	252
Tabla 148. Cálculo Grado Superficial Calle L8 .....	253
Tabla 149. Niveles de severidad punzonamiento.....	301



## ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A. METODOLOGÍAS DE LOS PAVIMENTOS FLEXIBLES.....	179
ANEXO B. METODOLOGÍAS DE LOS PAVIMENTOS RIGIDOS.....	233
ANEXO C. METODOLOGÍAS CALLES NO PAVIMENTADAS .....	237
ANEXO D. MANUAL DE FALLAS PAVIMENTO FLEXIBLE .....	253
ANEXO E. MANUAL DE FALLAS PAVIMENTO RÍGIDO (PCI) .....	286
ANEXO F. MANUAL DE FALLAS DEL PAVIMENTO FLEXIBLE METODOLOGÍA WHINSHIELD PAVEMENT CONDITION .....	307
ANEXO G. MANUAL DE FALLAS METODOLOGÍA MTOP.....	311
ANEXO H. MANUAL DE FALLAS EN VÍAS SIN CAPA DE RODADURA (URCI) .....	313
ANEXO I. MANUAL DE FALLAS EN VÍAS SIN CAPA DE RODADURA (PASER) .....	324
ANEXO J. FALLAS EN LA RED DE VÍAS EVALUADAS .....	327

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1: Niveles de severidad en baches Diámetro promedio.....	271
---	-----



## CLÁUSULA DE PROPIEDAD INTELECTUAL

### Cláusula de Propiedad Intelectual

---

Yo Andrés Esteban Becerra Delgado, autor del trabajo de titulación "EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO DEL SECTOR EL VALLE Y SU MARCO SOSTENIBLE", certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor.

Cuenca, 14 de Enero del 2018

---

Andrés Esteban Becerra Delgado

C.I: 0104821756



### Cláusula de Propiedad Intelectual

---

Pablo Sebastián Sánchez Reinoso, autor del trabajo de titulación "EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO DEL SECTOR EL VALLE Y SU MARCO SOSTENIBLE", certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor.

Cuenca, 14 de Enero del 2018

Pablo Sebastián Sánchez Reinoso

C.I: 0105067607



## CLÁUSULA DE LICENCIA Y AUTORIZACIÓN PARA PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

### Cláusula de licencia y autorización para la publicación en el Repositorio Institucional

---

Yo Andrés Esteban Becerra Delgado en calidad de autor y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación "EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO DEL SECTOR EL VALLE Y SU MARCO SOSTENIBLE", de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN reconozco a favor de la Universidad de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos.

Asimismo, autorizo a la Universidad de Cuenca para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el repositorio institucional, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 14 de Enero del 2018

---

Andrés Esteban Becerra Delgado

C.I: 0104821756

Cláusula de licencia y autorización para publicación en el Repositorio  
Institucional

---

Pablo Sebastián Sánchez Reinoso en calidad de autor y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación "EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO DEL SECTOR EL VALLE Y SU MARCO SOSTENIBLE", de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN reconozco a favor de la Universidad de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos.

Asimismo, autorizo a la Universidad de Cuenca para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el repositorio institucional, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 14 de Enero del 2018



---

Pablo Sebastián Sánchez Reinoso

C.I: 0105067607



## **AGRADECIMIENTOS**

Agradecemos primeramente a Dios ya que sin él no sería posible ninguna de las actividades que hemos realizado.

A la primera persona que queremos agradecer es a nuestro director de trabajo de titulación, Ing. Daniel Eduardo Mogrovejo Carrasco ya que con su profesionalismo y conocimientos nos orientó de una manera óptima para el desarrollo eficiente de este trabajo.

A nuestros familiares a quienes a lo largo de nuestra carrera y nuestra vida han estado apoyándonos y motivándonos en la formación académica y personal.

A nuestros compañeros de clase con los que hemos compartido gratificantes momentos.

A nuestros amigos más cercanos quienes nos han apoyado y han estado ahí en cada momento de nuestra carrera, ya que con los consejos y motivaciones de ellos nos hicieron cada día mejores personas.

Gracias a todos y cada uno de nuestros maestros de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad de Cuenca quienes con su paciencia y sabiduría nos inculcaron valiosos conocimientos, que téngalo por seguro, serán implementos para hacer el bien a nuestra sociedad.





## DEDICATORIA

Quiero dedicar este trabajo de titulación a mi tía por ser el motor de mi vida, a mis padres por su esfuerzo y sacrificio y a mis hermanos por el apoyo incondicional.

A mi tía Isabel Delgado, que en paz descanse, por ser la persona que con su amor incondicional me enseñó el valor de la vida y la lucha constante que esta significa.

A mi madre Carmela Delgado, que con tu amor, paciencia, dedicación y esfuerzo que me has brindado a lo largo de toda mi vida para poder lograr cada una de mis metas. Las palabras no me alcanzan para agradecerte todo tu amor y devoción hacia mí en los buenos y malos momentos, sin ti esto no hubiera sido posible.

A mi padre Eloy Becerra, por ser un padre ejemplar, por enseñarme el valor del sacrificio, la importancia de los valores humanos y los principios morales. Te agradezco por el amor y el apoyo que me brindas cada día y estar ahí en todo momento a pesar de las limitaciones que pueden existir, me das ánimos para seguir adelante cada día.

A mi hermano Paúl Becerra, por ser mi segundo padre, apoyarme en todas mis necesidades, con tu amor y ejemplo de lucha me enseñaste que la vida está hecha a base de sacrificios y lo que se trabaja con esmero y amor, así sea lo más simple es lo verdaderamente importante.

A mi hermano José Becerra, gracias por ser el que siempre ha estado ahí para aconsejarme, enseñarme a defender mis ideales, por la protección que siento a tu lado, por el amor que das para seguir adelante, cada una de tus palabras las llevo guardadas en el corazón.

A mi sobrina Paula Becerra, por ser mi inspiración y la fortaleza que necesito para seguir cumpliendo mis metas.

A toda mi familia y amigos que siempre me han brindado una palabra de aliento y estar ahí cuando más los he necesitado.

Andrés Esteban Becerra Delgado



## DEDICATORIA

Quiero agradecer primeramente a Dios por la vida que cada día me brida, al esfuerzo de mis padres que me sacaron adelante en cada instante para que sea un profesional útil a la sociedad.

A mi madre Mariana Reinoso por ser la persona que me apoyado y brindado sus consejos para que sea una mejor persona.

A mi padre Jaime Sánchez ya que con su carácter estricto me ayudo para que siga por buen camino y siempre estar ahí en los malos momentos.

A mi hermano Santiago Sánchez, que con su espíritu alentador me apoyo, me aconsejo y me dio su sabiduría que me ayudaron a lograr mis metas y cumplir con mis ideales.

Pablo Sebastián Sánchez Reinoso



# CAPÍTULO 1. GENERALIDADES

## 1.1. INTRODUCCIÓN

La evaluación funcional es importante porque establece el estado superficial del pavimento. Y el estado superficial es que el usuario mejor percibe y valora (Bazant, 1998). Entonces evaluar el pavimento mediante ensayos no destructivos constituye una manera sostenible y aceptable para determinar el mantenimiento que este necesita.

El presente trabajo de titulación, pretende realizar un estudio en la ciudad de Cuenca en uno de los lugares más afectados en cuestión de pavimentos, el sector El Valle, con el objetivo de determinar la condición funcional de la red de vías pavimentadas y no pavimentadas y dar las soluciones más favorables y las intervenciones más adecuadas a las autoridades encargadas de mantenimiento vial del Gobierno Autónomo Descentralizado (GAD) y así mejorar las condiciones funcionales y estructurales de la red vial de pavimentos. Siendo de mucha importancia para los morados del sector ya que se beneficia la movilidad del sector, vital para el desarrollo socio-económico en cualquier comunidad.

Conocer el estado de deterioro de la red vial es un componente vital para el mantenimiento y conseguir una proyección a futuro del estado del pavimento. Para cumplir con este cometido es necesario estimular criterios cuya información sea fácil de obtener, los tres métodos utilizados para comparar el estado de la condición de la red vial en esta investigación son: Pavement Condition Index (PCI) según la norma ASTM D6433-11, Windshield Pavement Condition Index y Formulario de Acreditación Vial del MTOP. Y para vías no pavimentadas los métodos son dos: El Unsurfaced Road Condition Index (URCI) y el Paser-Gravel Roads.

Las cinco metodologías con las que se realiza el análisis funcional en vías pavimentadas y no pavimentadas presentan los diferentes tipos de daños y mediciones en el caso del PCI, Windshield, URCI y Paser; el Formulario de Evaluación del MTOP evalúa más características de la vía, como la señalización, diseño geométrico etc. Las metodologías poseen su respectivo manual y están normadas de acuerdo a cada país y son aceptadas por diferentes departamentos viales.

El PCI es uno de los métodos normados de evaluación funcional del estado de pavimentos rígidos y flexibles más utilizados por la comunidad académica y científica, desarrollada por el Cuerpo de Ingenieros de la Armada de los Estados Unidos y publicado en la norma ASTM D 6433 (Shahin, 2005). Tiene como objetivo principal



establecer la condición del pavimento mediante inspecciones visuales donde se identifican el tipo de daños, severidad y cantidad, para luego establecer la condición de la vía de acuerdo al rango de evaluación del PCI que varía de 0, para pavimentos fallados, a 100 para pavimentos en excelente condición (Vásquez, 2002).

El método de Windshield Pavement Condition llamada también encuesta de parabrisas, desarrollado por el Departamento de Transporte de Virginia (VDOT por sus siglas en inglés) con el objetivo de proporcionar un medio para desarrollar una base de datos sobre la condición del pavimento, una vez obtenida la información de igual manera que el método del PCI se procede a realizar un inventario exhaustivo y técnico en el que se da a conocer el tipo de falla, severidad, definición, y el porcentaje de afectación en un área determinada. Y calificar el estado de la condición vial en el rango de 0 a 100, para pavimentos en estado muy pobre y excelentes respectivamente (VDOT, 2006).

El Formulario de Acreditación Vial, desarrollado por el Ministerio de Transporte y Obras Públicas, es un método de evaluación de la condición del pavimento, el cual tiene un rango de evaluación de 0 para pavimentos en mala condición a 100 para pavimentos en excelente condición (MTOP, 2012). En el formulario se debe tener en cuenta elementos que compone una vía como son: Sección Transversal, Operatividad, Señalización (Cumplimiento de Normas) tanto horizontal como vertical, Derecho de Vía y Estructuras Viales la calificación de cada elemento de la vía se tomara como referencia un puntaje establecido para cada una de los elementos antes mencionados.

El método URCl, desarrollado por el Cuerpo de Ingenieros de la Armada de los Estados Unidos, describe un sistema de gestión de mantenimiento de vías no pavimentadas de forma económica y satisfactoria, realizando una inspección de la superficie de acuerdo al tipo de deterioro, severidad y medida, basado en un indicador numérico de 0 a 100 con los mismos criterios del PCI (Cárdenas, 2012).

El método Paser, desarrollado por la Universidad de Wisconsin-Madison, Estados Unidos, evalúa los caminos no pavimentados, se basa en comprender las condiciones y fallas comunes de estas vías, con un rango de calificación de 1 a 5 para vías no pavimentadas en excelente y mala condición respectivamente (Cárdenas, 2012).

Con los resultados del análisis de cada metodología, se va a crear un sistema de gestión para clasificación, optimización, priorización; en función de las curvas de deterioro para las distintas familias de pavimentos analizados y decidir el tratamiento más adecuado, costos de mantenimiento y rehabilitación con un criterio sostenible.



## **1.2. ANTECEDENTES**

Según declaraciones de las autoridades del GAD de El Valle hasta la fecha las vías pavimentadas y no pavimentadas del sector no han sido evaluadas de manera técnica con ninguno de los cinco métodos de evaluación antes mencionados, de manera que no se tiene una base de datos que sirva de guía para comparar con el estudio que se realizará. Pero en la ciudad de Cuenca si se han hecho estudios utilizando únicamente la metodología del PCI; y para las otras metodologías si existe evaluaciones en otros países, que se utilizará en este proyecto como una guía para comparar la metodología, evaluación y la toma de decisiones en cuanto a tratamientos que necesitarán las vías pavimentadas y no pavimentadas, para que los resultados obtenidos sean lo más acertados y confiables y poder brindar soluciones apropiadas.

## **1.3. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA**

En la centro de la parroquia El Valle, la red de pavimentos del sector es la principal fuente de comunicación para actividades comerciales, educativas y general para la movilidad. El deterioro de la red vial es evidente y esto acarrea problemas de carácter económico y problemas de salud por el continuo frenado y la consecuente emanación de sustancias toxicas, además de la poca o nula intervención de las autoridades. Por lo tanto se ha visto la importancia realizar un estudio y evaluar funcionalmente la red vial pavimentada y no pavimentada, para determinar las intervenciones de mantenimiento y/o rehabilitación económicas y así mejorar la calidad de salud y servicio para los moradores del sector.

La red vial está constituida por pavimentos flexibles en su gran mayoría, pavimentos rígidos y vías no pavimentadas. La longitud de la red vial de pavimentos estudiada es de 7754 m. por lo que la información obtenida es extensa para determinar el estado real de la red y sean el precedente para una adecuada conservación y gestión vial en el sector en un futuro.

## **1.4. JUSTIFICACIÓN**

Tomando en cuenta que no se ha realizado estudios previos de la condición del pavimento en El Valle que brinde información para proyectos de intervención en dicha red. Por lo tanto el problema de conocer el estado actual de la red de pavimentos del sector El Valle ha sido objeto de estudio ya que se necesita brindar un servicio de calidad para los usuarios. El componente principal del estudio se centra en el cálculo del índice de funcionalidad del pavimento ya que este nos indica el nivel de servicio y el tipo de



mejoras que se deben realizar. Y con el manejo adecuado de la información de la red de pavimentos además de la correcta sistematización, optimización y priorización; además implementar soluciones reales de intervención (rehabilitación, mantenimiento, rehabilitación, reconstrucción, etc). Obteniendo información más confiable que refleje el estado de deterioro de la red de pavimentos.

Las metodologías usadas se basan en la inspección visual por lo que no se utiliza métodos destructivos lo que constituye una manera sostenible y aceptable para determinar el mantenimiento que este necesita y no empeorar la calidad del pavimento. Las metodologías utilizan manuales o guías para identificar las diferentes patologías en los pavimentos y así una correcta identificación y calificación; lo que permite analizar en función de que se produce el daño de los pavimentos (cargas del tránsito, factores climáticos, deficiencia constructiva, etc.)

Los resultados obtenidos después de realizar los cinco métodos nos darán a conocer el estado real de la vía y presentar matrices de solución finales para las diferentes familias de pavimentos, con los cuales se obtendrán las posibles soluciones de intervención dentro del marco de gestión sostenible; los mismos resultados y recomendaciones se entregarán al GAD de El Valle para que tomen soluciones a futuro.

## **1.5. OBJETIVOS**

### **1.5.1. OBJETIVO GENERAL**

Evaluar la condición de una red de pavimentos en el sector de El Valle bajo las metodologías definidas anteriormente y definir la aplicabilidad de cada una de ellas para crear un sistema de gestión que incluya: Inventario automatizado; determinación de la condición validada; herramientas de clasificación, optimización, priorización; en función de las curvas de deterioro para las distintas familias de pavimentos analizados, y además implementar soluciones de intervención (rehabilitación , mantenimiento, rehabilitación, reconstrucción, etc.)

### **1.5.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS**

1. Uso de normas, toma datos, la condición PCI, Windshield Pavement Condition Index, el formulario del MTOP.
2. Crear una base de datos significativa de la condición de los pavimentos de la red de pavimentos seleccionada en el sector de El Valle.



3. Determinar ventajas y desventajas de los métodos utilizados, para definir el más adecuado para futuros inventarios de la condición en la municipalidad analizada.
4. Implementar, para los pavimentos analizados, un proceso de clasificación, optimización y priorización automatizado para soporte en la toma de decisiones de intervención de mejoras.
5. Presentar las matrices de solución finales para las diferentes familias de pavimentos.
6. Dar a conocer al GAD de El Valle las soluciones obtenidas para posibles mantenimientos de la red de pavimentos analizada.



## **CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO**

### **2.1. VÍAS PAVIMENTADAS**

#### **2.1.1. DEFINICIÓN DE PAVIMENTO**

Un pavimento es un conjunto de capas superpuestas relativamente horizontales que se construyen con materiales adecuadas y debidamente compactados. Esta estructura estratificada se apoya sobre la subrasante que soporta los esfuerzos de las cargas repetitivas que el tránsito ejerce sobre la misma durante el periodo de diseño del pavimento (Montejo, 2002).

Dado que los esfuerzos transmitidos hasta la sub-rasante van disminuyendo con la profundidad, se deberá colocar materiales con mayor capacidad de resistencia en las capas superiores y los de menor calidad se colocarán como relleno, estos últimos materiales se pueden encontrar en la naturaleza por lo que resulta más económico.

Un pavimento para cumplir adecuadamente sus funciones debe reunir los siguientes requisitos (Montejo, 2002):

- Resistente a los agentes de la intemperie.
- Resistentes a las cargas de tráfico.
- Presentar una textura superficial adecuada que se adapte a las velocidades de diseño.
- Durable.
- Presentar un adecuado drenaje.
- Controlar el ruido de rodadura para la comodidad de los usuarios.
- Económico.
- Poseer un color que evite reflejos, además la seguridad necesaria para los usuarios.

#### **2.1.2. CLASIFICACIÓN DE LOS PAVIMENTOS**

La clasificación de los pavimentos se lo ha realizado de forma general en dos grupos ya que son los más utilizados y son los que se utilizará en este proyecto.

- Pavimentos flexibles
- Pavimentos Rígidos



### 2.1.2.1. PAVIMENTOS FLEXIBLES

#### 2.1.2.1.1. Definición de Pavimentos Flexibles

Este tipo de pavimento tiene una estructura compuesta por una capa bituminosa en la superficie de rodadura la misma que está asentada sobre dos capas granulares denominadas base y sub base, estas tres capas antes mencionadas se asienta sobre la subrasante la cual es la capa que se asienta en la estructura del pavimento que tiene como función principal soportar los esfuerzos producidos sobre las cargas de tráfico (figura tal ).El espesor de cada capa que está compuesto el pavimento flexible debe tener en cuenta 2 factores de suma importancia como son factores económicos y servicio para satisfacer las necesidades del usuario. Hay que tener en cuenta que existe ventajas y desventajas al momento trabajar con pavimentos flexibles ya que una de las ventajas que tiene este pavimento es su bajo costo con relación al pavimento rígido pero una desventaja que tiene con el mismo es el costo de mantenimiento ya que se lo realiza en un menor tiempo lo que influye directamente en el aspecto económico (Montejo, 2002).



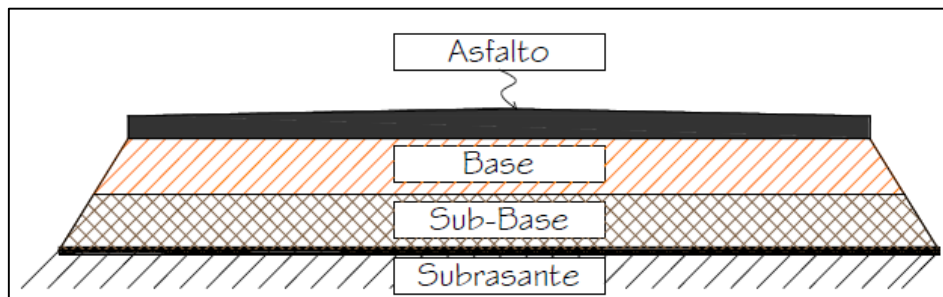
*Figura 1. Ejemplo de una pavimento flexible.*

#### 2.1.2.1.2. Elementos de los Pavimentos Flexibles

Los principales elementos de las vías de pavimento flexible son (Montejo, 2002):

- **Capa subbase granular:** la función que cumple esta capa es principalmente la economía de la estructura, además impide que se la infiltración del agua al suelo o terreno mejorado, lo que puede traer deterioros en la superficie como en la estructura del pavimento.

- **Capa base granular:** La principal característica de esta capa es constituir una capa de transición de los esfuerzos generados en la por el tráfico de la capa de rodadura y transmitirlos de forma adecuada a la subbase. Además para la disminución de costos como la capa anterior.
- **Superficie de rodamiento:** la función principal de esta capa es resistir los efectos del tránsito. Por otra parte también debe proporcionar una superficie estable y uniforme además de la textura y el color deben ser adecuados.



**Figura 2.** Sección de un Pavimento Flexible (Armijos, 2009).

## 2.1.2.2. PAVIMENTOS RÍGIDOS

### 2.1.2.2.1. Definición de Pavimentos Rígidos

Este tipo de pavimentos tienen una estructura compuesta por una losa de concreto hidráulico en la superficie de rodadura, la misma que está asentada sobre una capa granular bien sea base o sub base esto va a depender de las condiciones del diseño para que los esfuerzos debido a las cargas de tránsito sean transmitidos de manera adecuada hasta la sub rasante de manera que exista un nivel de servicio adecuado para los usuarios. En este tipo de pavimentos la función principal que tiene la capa de rodadura es absorber la mayor cantidad de esfuerzos producido por el tráfico vehicular, esta losa de concreto está constituida por juntas transversales y longitudinales entre cada uno de los paneles que está conformado el pavimento rígido con la finalidad que exista un buen drenaje en la vía el mismo que va a influir directamente en la confiabilidad y comodidad de los usuarios. Uno de los aspectos importantes que se tiene al construir una vía implementando pavimento rígido es que al principio el costo de construcción es considerablemente superior con respecto construir con pavimento flexible pero el mantenimiento es mínimo lo que reduce el costo proyectado a ciertos años lo que es más económico y factible construir mediante pavimentos rígidos (Montejo, 2002).

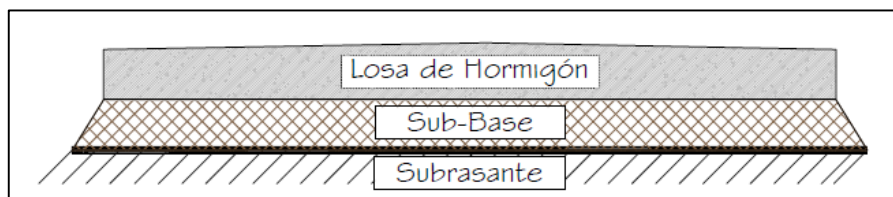


*Figura 3. Ejemplo de un Pavimento Rígido.*

#### 2.1.2.2. Elementos de los Pavimentos Rígidos

Los principales elementos de las vías de pavimento rígido son (Montejo, 2002):

- **Capa subbase:** la función principal de esta capa es impedir el bombeo en las juntas, grietas y extremos del pavimento, además de ser una capa de transición para soportar los esfuerzos generados por la capa superior.
- **Losa de concreto:** Las función principal de esta capa es soportar y transmitir de manera adecuada las cargas generas por el tránsito a las capas inferiores. Además debe presentar una superficie con la textura, estabilidad y color adecuado.



*Figura 4. Sección de un Pavimento Rígido (Armijos, 2009).*

#### 2.1.3. CICLO DE VIDA DE LOS PAVIMENTOS

##### 2.1.3.1. CICLO DE VIDA FATAL DE LOS PAVIMENTOS

Las fallas en el pavimento comienzan desde una etapa inicial, con un deterioro casi imperceptible y progresivo hasta que el pavimento se deteriora totalmente. Entonces el **ciclo de vida útil** de un pavimento es la proyección que se da para que sirvan de manera adecuada en un determinado número de años (Granda, 2016).

El ciclo de vida de un pavimento puede clasificarse en cuatro etapas (Pereda, 2014):



- **Etapas 1: Construcción**

El pavimento cumple con los estándares de calidad para brindar el servicio adecuado a los usuarios.

El estado de la vía es excelente.

- **Etapas 2: Deterioro imperceptible**

Con el transcurso del tiempo el pavimento se ha deteriorado progresivamente, pero es poco visible y no es apreciado por los usuarios. Generalmente se producen daños de tipo funcional.

Para disminuir el avance del deterioro se aplican medidas de mantenimiento y conservación, pero si no se efectúan dichas intervenciones la vida útil del pavimento disminuye de manera notable.

El estado de la vía varía desde excelente a regular.

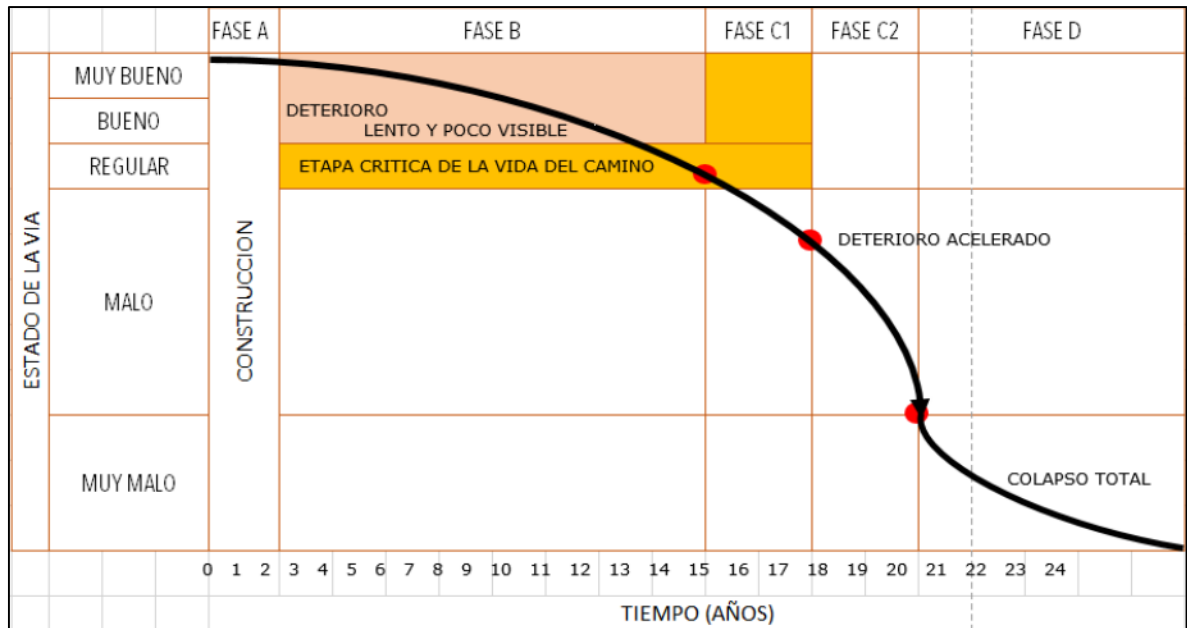
- **Etapas 3: Deterioro acelerado**

Esta etapa ocurre luego de varios años, donde el estado del pavimento y sus elementos están básicamente dañados y con fallas visibles en la superficie de rodadura. Es una etapa corta ya que la descomposición del pavimento es acelerada.

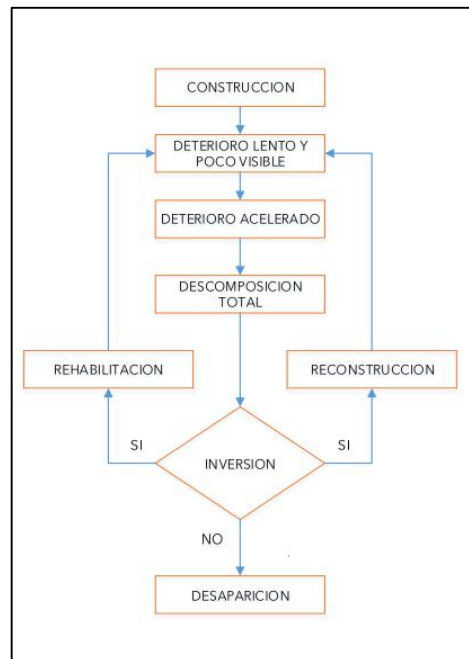
El estado de la vía varía desde regular hasta muy pobre.

- **Etapas 4: Deterioro total**

La última etapa consiste en el desgaste total del pavimento y puede durar varios años. La percepción que tiene el usuario es notable ya que los vehículos experimentan daños en sus neumáticos, ejes, etc. y hace que sea imposible el tránsito vehicular por la vía.



**Figura 5.** Ciclo de vida de las vías pavimentadas sin mantenimiento (Carpio, 2017).

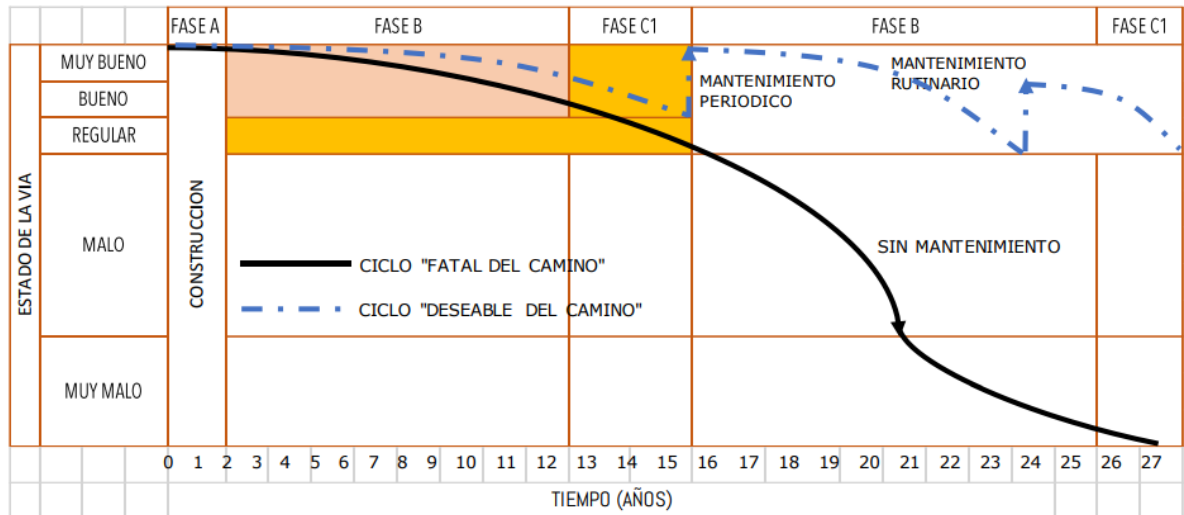


**Figura 6.** Diagrama de flujo de vías pavimentadas sin mantenimiento (Carpio, 2017).

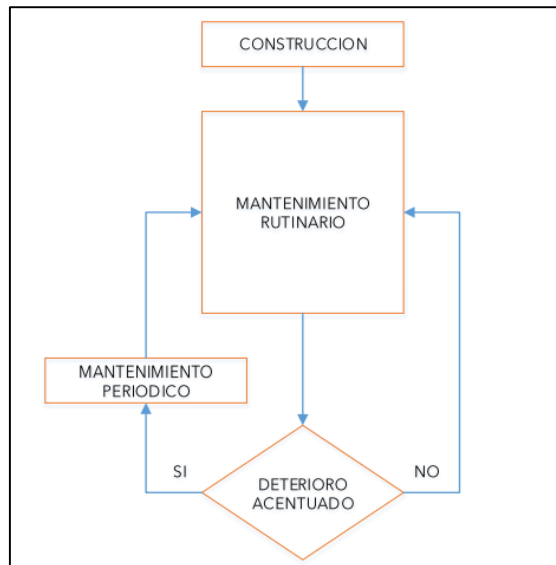
### 2.1.3.2. CICLO DE VIDA DESEABLE DE LOS PAVIMENTOS

Para que un pavimento pueda llegar satisfactoriamente a su ciclo de vida útil de diseño es indispensable realizar algún tipo de mantenimiento, de este modo desechar la idea errónea de tiempos anteriores donde una vez que cumplía el ciclo de vida, sin ningún tipo de mantenimiento, se volvían a reconstruir dejando a lado la idea de conservación del pavimento.

Con un Sistema de Gestión adecuado, con los programas y estrategias específicos las instituciones responsables de la conservación vial llegarán a “frenar” estos desgastes, envejecimientos o fatigas produciendo una disminución en la velocidad de deterioro con la respectiva consecuencia de prolongar en el tiempo la necesidad de intervenir con un nuevo mantenimiento (Carpio, 2017).



**Figura 7.** Ciclo de vida deseable de las vías pavimentadas (Carpio, 2017).



**Figura 8.** Diagrama de flujo de vías pavimentadas con mantenimiento (Carpio, 2017).



## 2.2. VÍAS NO PAVIMENTADAS

### 2.2.1. DEFINICIÓN DE VÍAS NO PAVIMENTADAS

Los caminos no pavimentados son aquellos que no tienen algún tipo de revestimientos o tratamiento superficial, por lo que la superficie de rodadura está constituida por el mismo terreno de fundación o materiales granulares (Apolinario, 2013). Además se han hecho trabajos previos de alineación, con apropiada sección transversal y longitudinal, y en algunos casos con adecuado drenaje (Choque, 2012).

Las vías no pavimentadas tienen diferentes características ya que va a depender de la región en donde estén localizados, pueden estar ubicados una topografía ondulada, terrenos planos, topografía accidentada. La composición vehicular que transita por las carreteras no pavimentadas va a depender en cuanto a su composición pero más va a depender de la región en donde se encuentran estas carreteras, por lo general según el Índice Medio Diario-IMD el 50% son vehículos pesados los que transitan por estas carreteras que el ancho predominante de estas vías son de 4.0 y 5.0 metros (Cárdenas, 2012).



*Figura 9. Ejemplo de una Vía No Pavimentada.*

### 2.2.2. CLASIFICACIÓN DE LAS VÍAS NO PAVIMENTADAS

De acuerdo a las capas superiores con las que están constituidas las vías no pavimentadas pueden clasificarse en (Ministerio de Transporte y Comunicaciones del Perú, 2006):

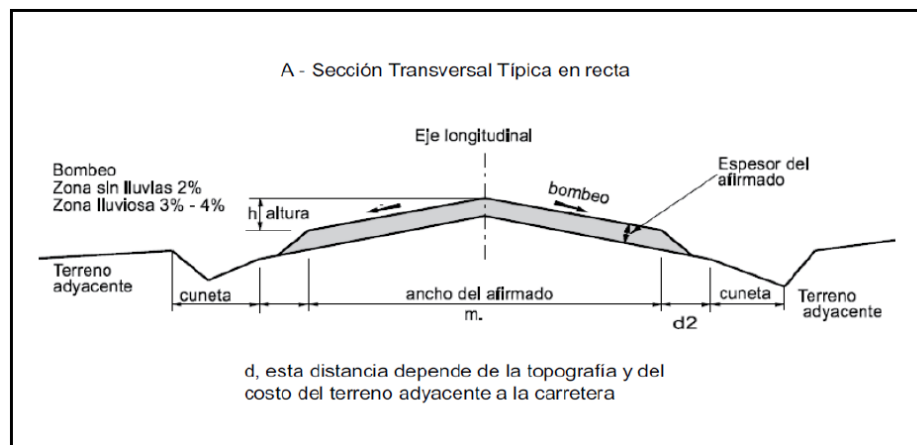
- **Vías de tierra:** la capa de rodadura está constituida por el suelo natural y además se aplica un mejoramiento con grava.

- **Vías de grava:** la capa de rodadura está constituida con un revestimiento de origen granular que es seleccionado manualmente o por cribado. Su tamaño máximo es de 75 mm.
- **Vías afirmadas:** la capa de rodadura está constituida por materiales granulares que son explotados de canteras que se ajustan a determinadas especificaciones técnicas en relación a su tamaño, composición granulométrica, resistencia y calidad de finos.
- **Vías con superficie estabilizadas con materiales de origen industrial.**

### 2.2.3. ELEMENTOS DE LAS VÍAS NO PAVIMENTADAS

Los elementos de las vías no pavimentadas son (Ministerio de Transporte y Comunicaciones del Perú, 2006):

- **Capa de rodadura.:** es la capa que funciona para la circulación de los vehículos. Estas son las encargadas de soportar las cargas del tráfico y el correcto drenaje de la vía (bombeo entre el 2% y 3%).
- **Obras de drenaje:** impide que el agua se infiltre a las capas inferiores de la vía, que puede generar daños estructurales y superficiales. Los componentes del sistema de drenaje son: bombeo de la vía, cuentas, zanjas de coronación, drenes, etc.



**Figura 10.** Sección de una Vía No Pavimentada (Cárdenas, 2012).

### 2.2.4. CICLO DE VIDA DE LAS VIAS NO PAVIMENTADAS

Como ya se ha mencionado los deterioros en las vías no pavimentadas se dan principalmente por la acción del tráfico y efectos del agua- estos dan lugar a la progresión del desgaste y la disminución del tránsito por la vía. Por esta razón se deben





realizar medidas de intervención a tiempo y regulares para cumplir con el periodo de vida útil y no llegar a etapas de reconstrucción antes de tiempo (Menéndez, 2003)

El ciclo de deterioro de las vías no pavimentadas consta de cuatro etapas:

- **Etapas 1: Construcción.**

Se encuentra en excelentes condiciones y para los usuarios no presenta ninguna incomodidad.

- **Etapas 2: Deterioro lento y visible.**

Después de un tiempo la vía se va desgastando, donde se evidencia de manera clara el deterioro de la superficie de rodadura. La vía se encuentra en buen estado.

- **Etapas 3: deterioro acelerado.**

La carretera presenta además de un visible desgaste en la superficie de rodadura, afecciones en los demás elementos. Es una etapa de corta duración.

- **Etapas 4: Descomposición total.**

Los usuarios tienen gran dificultad para transitar. La capacidad de la vía se ve reducida y afecta a los neumáticos, eje, etc. de los vehículos.

La curvas de deterioro son iguales que las vías pavimentadas, tanto para el ciclo fatal, como para el deseable.

## **2.3. SISTEMAS DE GESTIÓN**

### **2.3.1. INTRODUCCIÓN Y GENERALIDADES DE GESTIÓN Y SISTEMAS DE GESTIÓN**

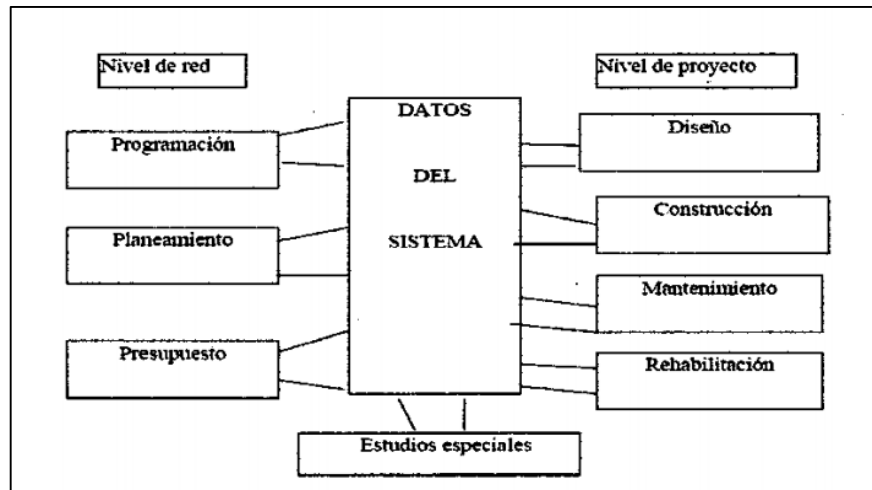
De acuerdo a la "American Association of State Highway and Transportation Officials" (AASHTO) ha definido la gestión y los sistemas de gestión de pavimentos como una serie de herramientas o métodos que asisten a quienes toman decisiones, a encontrar estrategias costo-efectivas para evaluar y mantener los pavimentos en buenas condiciones de serviciabilidad en un periodo determinado de tiempo.

Esto nos quiere decir que la gestión de pavimentos se refiere al conjunto coordinado de actividades relacionadas con todos los elementos que constituyen una infraestructura vial. Donde lo que se busca es tener una evaluación continua del estado del pavimento para proporcionar la seguridad, confort y economía al usuario de acuerdo a las

restricciones económicas, técnicas, políticas y ambientales. Permitiendo evaluar la toma de decisiones tomadas (Montoya, 2007).

Existen dos niveles de gestión de pavimentos, el primero se refiere a la red vial general. Y el segundo es el nivel de gestión de proyecto, donde se toman decisiones técnicas para proyectos específicos.

Los beneficios de los sistemas de gestión de pavimentos radica en alternativas costo-efectivo, en lo que concierne a construcción, rehabilitación o mantenimiento; mejorando la inversión y optimizando los recursos (Chang, s.f).



*Figura 11. Gestión de pavimentos (Granda, 2016).*

### 2.3.2. SISTEMA DE GESTIÓN DE PAVIMENTOS

El sistema de gestión de pavimentos (SGP) es un conjunto de herramientas o métodos que asisten a quienes toman decisiones para el correcto funcionamiento del pavimento, es decir, comprenden todas las fases de investigación, planeamiento, programación, análisis, diseño y construcción. Con el fin identificar las necesidades de mantenimiento y rehabilitación en la red vial existente para así brindar al usuario buenas condiciones de servicialidad en un periodo determinado de tiempo.

Otros sistemas de gestión se utilizan también para identificar la necesidad de construir pavimentos nuevos o de programar actividades de conservación vial generadas por otros factores como por ejemplo la seguridad vial (Chang & Smith, s.f).

Dentro de un sistema de gestión de pavimentos se puede (Washington State Department of Transportation, 1994):

- Proporcionar un inventario de pavimentos que incluye datos de ubicación, tipo de pavimento, clasificación funcional, kilometraje, área de pavimentación.
- Proporcionar una base de datos completa que contiene información relacionada al estado del pavimento, niveles de tráfico, historia de construcción,



rehabilitación y mantenimiento y cualquier información cuantificable que pueda ser necesitada o especificada.

- Mostrar el estado de la red de pavimento basado en proceso sistemáticos de ingeniería para obtener información sobre la condición del pavimento.
- Ayudar a predecir el comportamiento de la red a través del tiempo, en función de los fondos disponibles para hacer mejoras.
- Definir un presupuesto estimado requerido para que toda la red vial pueda alcanzar niveles de condición deseada
- Definir presupuestos para mantener una red vial en niveles especificados de rendimiento por varios años.
- Servir como una base para comparar alternativas de preservación para mantenimiento , rehabilitación, y reconstrucción de pavimentos dentro del sistema de red vial
- Producir una lista de proyectos de mantenimiento y rehabilitación. Esta lista será revisada por la agencia para la selección del proyecto final.

### **2.3.3. GESTIÓN DE PAVIMENTOS**

La gestión de pavimentos es un proceso seguido para tomar decisiones sobre qué actividades de mantenimiento y rehabilitación deben ejecutarse, mientras que un sistema de gestión de pavimentos (SGP) es un conjunto de herramientas que asisten durante un proceso de toma de decisiones (AASTHO, 1993)

El mantenimiento y rehabilitación de pavimentos son definidos más adelante.

## **2.4. EVALUACIÓN DE PAVIMENTOS**

### **2.4.1. INTRODUCCIÓN DE EVALUACIÓN DE PAVIMENTOS**

La evaluación de un pavimento, se basa en el estudio de la condición funcional y estructural del mismo, lo que permite conocer el estado actual de deterioro y de esta manera brindar al usuario seguridad y comodidad al conducir, para así el nivel de servicio este de acorde a la demanda solicitada (De Solminihac, 2005).

Comprende la evaluación en campo, en la cual se presenta información detallada acerca de los tipos, severidad y extensión de cada uno de los deterioros; y los datos obtenidos son sistematizados mediante índices como el PCI, Windshield y Formulario de Acreditación del MTOP; publicadas por agencias de estudios viales como ASTM,



Virginia Department of Transportation y Ministerio de Transporte y Obras Públicas respectivamente; para de esta manera tener ideas claras de estrategias para mejorar el estado del pavimento y prolongar su vida útil.

#### **2.4.2. IMPORTANCIA DE LA EVALUACIÓN DE PAVIMENTOS**

Conocer el estado actual de la condición de la vía permitirá optimizar los costos de mantenimiento y/o rehabilitación que ayudara a prolongar la vida útil de las vías pavimentadas evitando gastos mayores en el futuro; además se conseguirá brindar el servicio óptimo para los usuarios.

Ya que la objetividad en el proceso de evaluación es importante, se requiere de personal capacitado para realizar las evaluaciones para que los informes tengan los criterios técnicos apropiados y así los datos tengan credibilidad y precisión y de esta manera realizar las operaciones de mantenimiento más adecuadas. Estas mediciones están sujetas a tener una desviación estándar entre la realidad y lo expresado en las muestras. La desviación que ocurre puede deberse a estas dos causas principales (Shahin, 2005):

- a) Variabilidad de las unidades, debido a que las unidades son la base para los análisis que se realizaran.
- b) Diversidad de la respuesta dentro de cada unidad, esto porque se relaciona a la fiabilidad de la eventual rehabilitación.

#### **2.4.3. EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE LOS PAVIMENTOS**

Un tipo de evaluación muy importante en los pavimentos es la condición estructural. El objetivo principal es determinar la capacidad portante de sistema suelo-subrasante. El deterioro estructural se manifiesta con la aparición de agrietamientos y deformaciones (Ávila & Albarracín, 2014).

La mayoría de ensayos que se suele realizar para este tipo de evaluación son destructivos, pero con el avance de la tecnología se ha podido implementar nuevas y mejoradas técnicas para desarrollar una adecuada evaluación estructural. A continuación se da a conocer las pruebas que son más utilizadas como partes de la evaluación estructural:

Procesos destructivos:



La necesidad de un estudio detallado del comportamiento del pavimento hace que se afecte las propiedades mecánicas, físicas, geotécnicas; mediante ensayos que deterioran el pavimento los más comunes son:

- Extracción de testigos o núcleos
- calicatas

#### Procesos no destructivos

Los procesos no destructivos son los que permiten evaluar la capacidad estructural del pavimento sin necesidad de alterar el sistema subrasante-pavimento; hay evaluaciones empíricas y los que aplican el concepto de deflexiones (Ávila & Albarracín, 2014). Los equipos que se utilizan para obtener las deflexiones son:

- Viga Benkelman
- Dynaflect
- Deflectómetro de impacto

#### **2.4.4. EVALUACIÓN FUNCIONAL DE LOS PAVIMENTOS**

La evaluación funcional del pavimento tiene como objetivo principal determinar el estado superficial del pavimento, porque este debe cumplir con ciertas condiciones para que garanticen la seguridad y el confort de los usuarios deflexiones (Ávila & Albarracín, 2014).

Para determinar el estado superficial del pavimento se analizan principalmente las fallas que existen en la superficie, y así establece sus causas y consecuencias. Existen varios métodos para la medición del deterioro superficial de pavimentos, ya sea métodos visuales o métodos empleando equipos, pueden variar dependiendo del país o región en que se aplique.

Este trabajo de titulación utiliza como parámetro fundamental la evaluación de la condición del pavimento los cuales son el PCI, Windshield y formulario de acreditación del MTOP. Estos métodos se basan principalmente en el tipo, severidad y área o longitud afectada de las fallas en los pavimentos.

Cada uno de los métodos se explica más adelante.



#### **2.4.4.1.     CONDICIÓN DEL PAVIMENTO**

La condición del pavimento representa el nivel de degradación del pavimento como proceso de deterioro, la determinación depende de los defectos de la superficie, las deformaciones permanentes, la irregularidad longitudinal, deflexión recuperable, capacidad estructural del pavimento, las solicitudes de tráfico y la adherencia entre la rueda y el pavimento, las evaluaciones requeridas son: Superficial, Estructural, Funcional, Adherencia, Solicitaciones de tráfico (Apolinario, 2013).

#### **Objetivos**

Los objetivos del que logra son:

1. Determinar la condición del pavimento a través de una evaluación visual del pavimento, detallando su estado a nivel funcional y estructural, así como han ido afectando su nivel de servicio. El método permite la cuantificación de la integridad estructural de manera indirecta, a través del índice de condición del pavimento (ya que no se realizan mediciones que permiten calcular directamente esta integridad).
2. Obtener un indicador que permita comparar, con un criterio uniforme, la condición y comportamiento del pavimento y a través de ello permitir lograr un mantenimiento adecuado y oportuno.
3. A través del cálculo y resultados determinar una solución de mantenimiento óptimo, invirtiendo fondos necesarios, evitando así una rehabilitación o reconstrucción a temprana edad.

#### **2.4.5.     FALLAS EN LOS PAVIMENTOS**

##### **2.4.5.1.     DEFINICIÓN DE FALLAS EN LOS PAVIMENTOS**

Las fallas son el conjunto de deterioros que se presentan en un pavimento como resultado de la interacción entre el tránsito vehicular (cargas) y el medio ambiente (lluvia, ciclos de hielo-deshielo) estos sumados a los procesos de diseño y en algunos casos deficientes materiales de construcción del pavimento. Por lo que se debe tomar precauciones y medidas para evitar el desarrollo de los daños, ya que de algunas degradaciones existentes pueden devenir nuevas degradaciones. Combinados estos factores son la principal causa del deterioro progresivo del pavimento. (GESTIÓN Y



CONSERVACIÓN DE PAVIMENTOS FLEXIBLES, A TRAVÉS DEL ÍNDICE DE DESEMPEÑO "PCI" EN EL ENTORNO DEL DISTRITO DE SURQUILLO-LIMA).

La falla en los pavimentos también se define como alteraciones en la superficie del mismo que afecta la seguridad, comodidad y velocidad, es decir se reduce el índice de servicialidad y funcionalidad del pavimento y no permite circular el tránsito de manera normal como está previsto en el diseño actual y futuro (Montejo).

#### **2.4.5.2. CLASIFICACIÓN DE LA FALLAS**

Las fallas en los pavimentos pueden ser de dos tipos (Pereda, 2014)

##### **➤ Fallas funcionales**

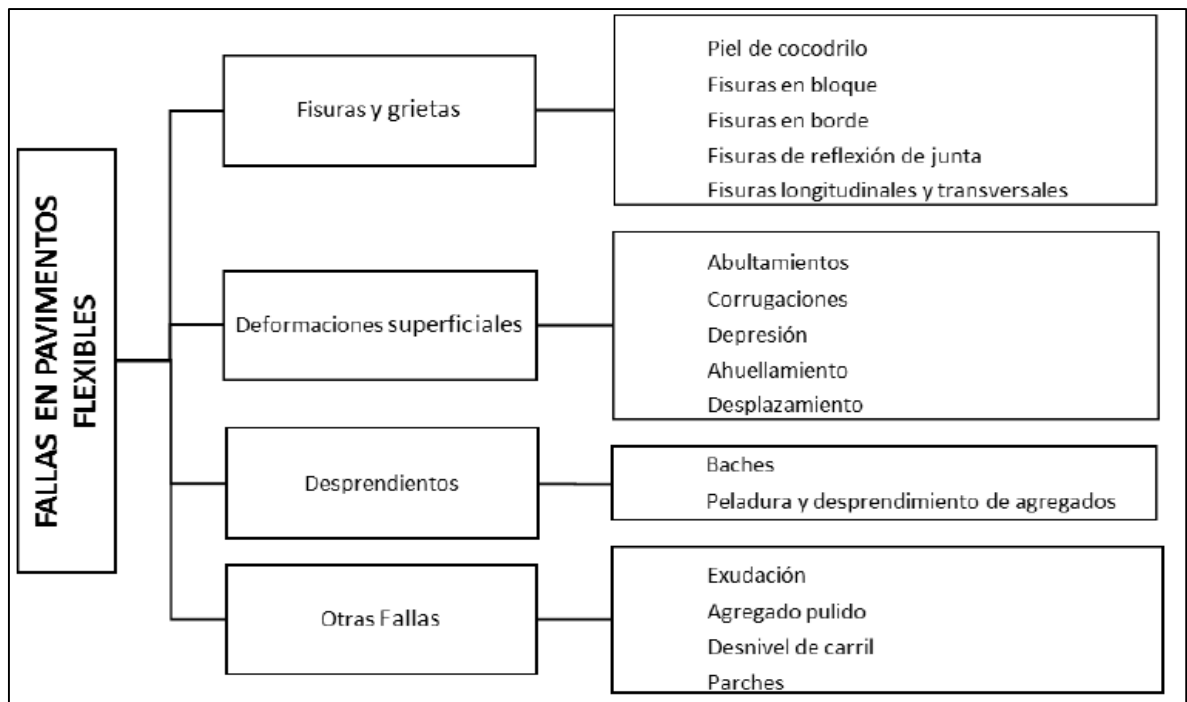
Son las fallas que se producen en la superficie del pavimento, o sea que está ligada directamente a la capa de rodadura lo que deriva en pérdida de la funcionalidad del pavimento, es decir afecta a la comodidad y seguridad del usuario que transita por la vía. Estas fallas pueden aparecer por malos procesos constructivos o deficiencia de los materiales y no están ligadas con la estructura de la calzada y se pueden determinar por simple inspección visual.

##### **➤ Fallas estructurales**

Como su nombre lo indica son las fallas que se producen en la estructura del pavimento. Son fallas graves ya que puede ocasionar el rompimiento de la estructura asfáltica o de concreto. Estas fallas aparecen cuando no soporta las solicitaciones de carga y de condiciones ambientales y pueden determinarse por simple inspección visual, aunque en algunos casos es necesario realizar ensayos destructivos y/o ensayos no destructivos.

#### **2.4.5.3. FALLAS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES**

En pavimentos flexibles los deterioros pueden ser agrupados en cuatro categorías como se observa en la Figura 12.



**Figura 12.** Fallas en los pavimentos flexibles (Vásquez, 2002).

➤ **Fisuras y grietas** (Granda, 2016)

Las fallas por agrietamiento pueden dar indicios de fallas estructurales, producto de fatiga de la carpeta asfáltica, acumulación de esfuerzos horizontales de tensión generados por el tráfico y son generados en las capas inferiores de la estructura del pavimento propagándose hacia las superiores.

Este tipo de patología son causa de deficiencia en el diseño, mala calidad de los materiales, errores constructivos, o una combinación de estos factores.

➤ **Deformaciones superficiales** (Pereda, 2014)

Las deformaciones se producen por acción repetitiva de las cargas del tránsito, también indican fallas en la estructura del pavimento. Se presentan como imperfecciones que se forman a lo largo de la trayectoria longitudinal del pavimento.

➤ **Desprendimientos** (Pereda, 2014)

Los desprendimientos son fallas que se presentan con pérdida del material superficial de la capa de rodadura. Son fallas de tipo funcional y puede afectar las capas inferiores, haciendo de este, un problema más grave.

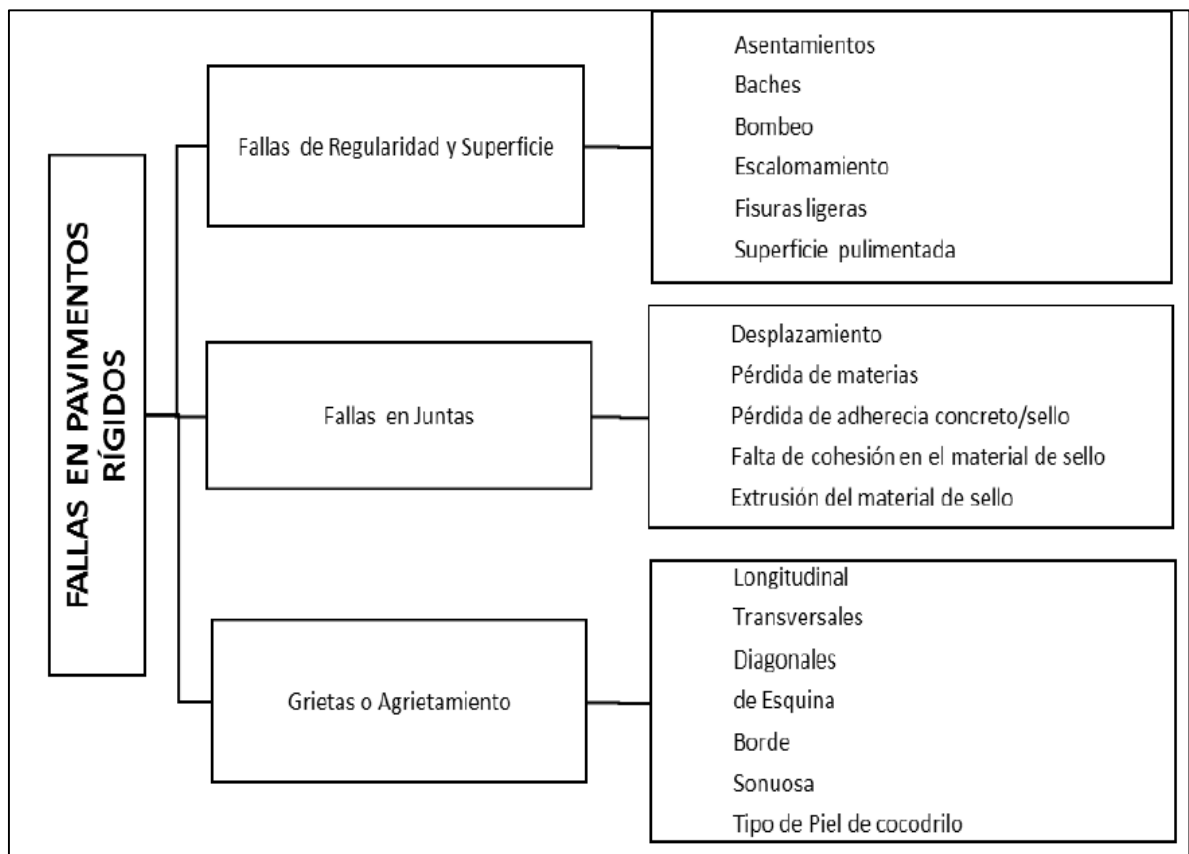


➤ **Otras fallas**

Estas se tratan principalmente de los afloramientos que se presentan en la carpeta asfáltica, que se reconoce con manchas en la superficie (Pereda, 2014). Son fallas de tipo funcional ya que afectan a la percepción de la calidad del pavimento por parte del usuario.

#### 2.4.5.4. FALLAS EN PAVIMENTOS RÍGIDOS

En los pavimentos rígidos las patologías pueden ser agrupadas en tres categorías como se observa en la Figura 13.



**Figura 13.** Fallas en los pavimentos flexibles (Vásquez, 2002).

➤ **Fallas de regularidad y superficie** (Solano, 2014)

Son las fallas que se refieren a los defectos de forma de la superficie, originados generalmente por procesos de construcción deficientes donde se ve afectada la textura de la capa de rodadura. Son fallas de tipo funcional.



➤ **Fallas en las juntas** (Solano, 2014)

Las fallas de junta son como su nombre lo indica deterioros en las juntas que unen las diferentes losas. Son de tipo funcional y se producen por malos procesos de construcción. Se clasifican de acuerdo a su ubicación.

➤ **Grietas o Agrietamientos** (Asocem, 2000)

Son fallas de que indican deficiencias en la parte estructural del pavimento, divide a la losa en dos o más. Puede indicar falla de la subrasante, como también fallas en las etapas de construcción. Estas fallas también se clasifican de acuerdo a su ubicación y cada una puede deberse a un factor diferente.

#### **2.4.6. METODOLOGÍAS DE EVALUACIÓN SUPERFICIAL DE PAVIMENTOS**

##### **2.4.6.1. ÍNDICE DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO PCI**

Un método de evaluación del comportamiento del pavimento es el “Procedimiento estándar para la inspección del Índice de Condición del Pavimento en caminos” o mayormente conocido como “Método PCI” (Pavement Condition Index), dicha técnica cumple la norma ASTM-D6433-07 y ASTM-D6433-11. Esta técnica se basa en inspecciones visuales mediante las cuales se determina la condición del pavimento, dependiendo del tipo, cantidad y severidad de las fallas presentes (Sierra & Rivas, 2016). La metodología es de fácil implementación y no requiere de herramientas sofisticadas más allá de conocimientos de distintos tipos de patologías y de un formulario de inspección visual. El índice de Condición del Pavimento se constituye en la metodología más completa para conocer el comportamiento y calificar de manera objetiva el pavimento sean estos flexibles o rígidos (Sierra & Rivas, 2016).

##### **2.4.6.2. WINDSHIELD PAVEMENT CONDITION INDEX**

También conocido como *encuesta de parabrisas*, es un método que se fundamenta en la inspección visual a bordo de un vehículo con velocidad no mayor a 40 km/h. Por medio de la cual se califica el estado de la vía, dependiendo del tipo, severidad y porcentaje de afectación de los deterioros registrados.



#### **2.4.6.3. FORMULARIO DE ACREDITACIÓN VIAL DEL MTOP**

Es un método desarrollado por el Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador que se basa en la inspección en función de las condiciones de trazado, operatividad, señalización, estética y funcionalidad de sus estructuras, factores que influyen de manera directa en la condición de una red vial.

### **2.5. EVALUACION DE VÍAS NO PAVIMENTADAS**

#### **2.5.1. INTRODUCCIÓN DE EVALUACIÓN EN VÍAS NO PAVIMENTADAS**

La evaluación en vías no pavimentadas se refiere al conjunto de operaciones necesarias que se realizan en las carreteras y cada uno de sus elementos, para establecer así el tipo de intervención adecuado y preservar la calidad de las características geométricas, capa de rodadura y que brinde el servicio adecuado a los usuarios. Se basa en el estudio de los problemas estructurales y superficiales que se dan, debido a la acción del tráfico y efecto del agua (Ministerio de Transporte y Comunicaciones del Perú, 2008).

#### **2.5.2. IMPORTANCIA DE LA EVALUACIÓN DE VÍAS NO PAVIMENTADAS**

Es importante conocer el estado de las vías no pavimentadas para garantizar una adecuada servicialidad al usuario, además para una correcta inversión en etapas de construcción, reconstrucción o rehabilitación y disminuye el tiempo perdido en el viaje por vías en mal estado (Choque, 2012).

#### **2.5.3. FALLAS EN VÍAS NO PAVIMENTADAS**

A diferencia de las vías pavimentadas, el deterioro en las vías sin pavimentar es más acelerado. Esto se debe a dos factores principales que son el tráfico y el clima; los materiales finos al mezclarse con la humedad se juntan para formar partículas más gruesas, que bajo la acción del tráfico se pulverizan en condiciones secas. Estos finos pulverizados aparecen luego como material suspendido en el aire (polvo) y así la superficie de rodadura comienza a desgastarse dando lugar a los diferentes tipos de deterioros (Paterson, 1987).



#### **2.5.4. CLASIFICACIÓN DE LAS FALLAS EN VÍAS NO PAVIMENTADAS**

Las fallas en las vías no pavimentadas no tienen una clasificación como en los pavimentos, pero se identifican siete fallas principales (Choque, 2012):

- Sección transversal impropia
- Drenaje inadecuado
- Ondulaciones
- Exceso de polvo
- Baches
- Surcos de rueda o Ahuellamiento
- Segregación de los agregados

#### **2.6. CONSERVACIÓN VIAL**

##### **2.6.1. INTRODUCCIÓN DE CONSERVACIÓN VIAL**

Se entiende por conservación vial al conjunto de actividades técnicas, de naturaleza periódica o rutinaria, que deben realizar los organismos responsables de la gestión vial para cuidar las vías y mantenerlas en estado óptimo de operación; además de preservar las inversiones efectuadas en la infraestructura vial. Mediante acciones de monitoreo del comportamiento del pavimento y así brindar fluidez al tránsito vehicular en todas las épocas del año, y más importante satisfacer las necesidades de los usuarios conservando las carreteras en óptimas condiciones. Ello incluye mantenimiento preventivo y mantenimiento correctivo, al mismo tiempo que rehabilitaciones menores y mayores. No considera el mejoramiento de la capacidad estructural, la construcción de pavimentos nuevos o la reconstrucción de pavimentos existentes (Rodríguez, 2011).

La conservación de pavimentos es una estrategia de tratamientos costos-efectivos aplicada a una vía existente para prolongar la vida útil o mejorar la servicibilidad del pavimento. Es una estrategia concebida con el objeto de disminuir el grado de deterioro, retardar fallas y mejorar la condición funcional o estructural del pavimento



## **2.6.2. IMPORTANCIA DE LA CONSERVACIÓN VIAL**

Conforme los pavimentos se deterioran, el mantenimiento preventivo no es suficientes para atender los diversos problemas que presentan. Los tratamientos de conservación costo-efectivos para pavimentos dañados severamente y con deficiencia estructural que deben ser aplicados. Si no se aplica de manera inmediata tendremos algunas de las siguientes consecuencias (Schliesser & Bull, 1992):

- Una inadecuada conservación vial da como resultado un aumento innecesario de los costos de operación vehicular que pueden llegar a equivaler entre 0.5% y 1% del producto bruto interno de una región o país.
- ... por cada unidad que se gasta en la adecuada conservación vial, se traduce en dos o tres unidades en obras de rehabilitación y reconstrucción.
- “Las redes viales en mal estado de conservación aumentan en un 38% en promedio, los costos de operación vehicular. Los vehículos ligeros ahorran alrededor de \$. 17.00 por cada 100 km; y los pesados, \$ 81.00 cuando se trata de redes viales en buen estado de conservación, frente a la condición negativa”.

Además de los beneficios de conservación de pavimentos (Chang, s.f):

- Mayor calidad en el transporte.
- Extensión de la vida útil del pavimento.
- Reducir la incomodidad de los usuarios y tiempos de movilización.
- Reducir costos de conservación en el ciclo de vida útil del pavimento. • Incrementar la satisfacción del usuario.
- Mejorar el proceso de toma de decisiones.
- Condición más uniforme entre los tramos de la red vial.
- Uso más eficiente de los fondos.
- Aplicación de políticas de conservación más coherentes y objetivas.

## **2.7. INTERVENCIONES EN LOS PAVIMENTOS**

### **2.7.1. MANTENIMIENTO DE PAVIMENTOS**

El mantenimiento de pavimentos se define como la evaluación a través de una serie de metodologías utilizadas para poder tener un diagnóstico del estado del pavimento,



esta metodología puede ser realizando un inventario de las fallas que posee la vía casi tener una noción de cuan afectado esta para su posible rehabilitación (Granda, 2016). El problema de la falta de mantenimiento en una vía hace que el mismo se deteriore rápidamente y esto se va a ver reflejado en lo económico por los costos elevados que va a tener la vía si no se realiza un adecuado mantenimiento a lo largo de su vida útil. El mantenimiento es la etapa más importante en cuanto se refiere a la calidad del pavimento, dado que si se hace a su debido tiempo se podrá asignar de una forma ordenada el dinero para su respectivo mantenimiento y/o evaluación.

### **2.7.1.1. TIPOS DE MANTENIMIENTO**

#### **2.7.1.1.1. Mantenimiento Preventivo**

Este tipo de mantenimiento se define como la planificación en base a programas que monitorean el estado de la infraestructura para mantenerla en una condición apta para la circulación de los usuarios.

Un estudio demostró que un sello asfáltico puede ser utilizado para prevenir un deterioro, corregir una superficie en mal estado, esto se puede aplicar como un tratamiento preventivo hasta que exista los fondos necesario para realizar una rehabilitación.

Este tipo de mantenimiento es una estrategia previamente establecida para conseguir una mayor rentabilidad de los fondos invertidos, además posee varios beneficios.

- Comodidad de los usuarios.
- Mantener la vía en buenas condiciones por un mayor intervalo de tiempo.
- Con relación a la economía permite un significativo ahorro en la vida útil de la infraestructura.
- Mantener el nivel de servicio alto.

#### **2.7.1.1.2. Mantenimiento Rutinario**

Este tipo de mantenimiento se lo realiza dentro de lo que establece un presupuesto anual, en el cual el objetivo para cuidar la seguridad de la vía y prevenir futuros deterioros en la infraestructura val como son pistas, puentes, aeropuertos, con la finalidad de corregir cualquier deterioro que afecte a la comodidad de los usuarios y evitar posibles accidentes, entre otras actividad que cumple el mantenimiento rutinario están:



- Limpieza de pozos, alcantarillas.
- Bacheo menor.

#### **2.7.1.1.3. Mantenimiento Periódico**

Este tipo de mantenimientos están enfocados a realizar correcciones por alguna inestabilidad en los taludes los cuales producirán ciertos hundimientos y que requieren ser recuperadas las cuales están ubicadas en la plataforma de la capa de rodadura.

#### **2.7.1.1.4. Mantenimiento Diferido**

Son mantenimientos que se realiza para preservar los diferentes componentes que conforman la red vial, el costo de este tipo de mantenimiento es directamente proporción al tiempo en el cual se ejecute, es decir si el mantenimiento se ha realizado fuera de tiempo podría ser tan costoso como una rehabilitación y/o reconstrucción.

#### **2.7.1.1.5. Mantenimiento Correctivo**

Este mantenimiento se lo hace en estado de emergencia de la vía es decir cuando se producen daños de la estructura de la vía que afecta a la transitabilidad y seguridad, es por eso que estas emergencias son atendidas a los responsables de la gestión de mantenimiento vial, con propósito de restablecer el tránsito vehicular cumpliendo los procedimientos establecidos por la entidad de la red vial, las principales actividades del mantenimiento periódico que se realizan en pavimentos flexibles y rígidos son las siguientes.

- **Pavimentos Flexibles:** sello de grietas, sello asfáltico, tratamiento superficial, reparación del espesor dañado
- **Pavimentos rígidos:** sello de juntas y grietas, cepillado de la superficie, nivelación de bermas, instalar drenes de pavimento.

#### **2.7.1.2. ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES**

##### **2.7.1.2.1. Limpieza de alcantarillas y cunetas (NEVI, 2012)**



## **Descripción**

La operación consiste en limpiar, destapar, remover, retirar y transportar a botaderos autorizados, todo material del interior de una alcantarilla y cuneta.

## **Procedimiento de trabajo**

De toda la longitud de alcantarillas y sifones se debe retirar cuidadosamente toda la materia extraña que se encuentre en ellas.

Los materiales extraídos o sobrantes se deben trasladar a un botadero autorizado.

### **2.7.1.2.2. Sellado de grietas (NEVI, 2012)**

## **Descripción**

Es una operación rutinaria, que se realiza en los pavimentos asfálticos, que consiste en llenar con asfalto las grietas que se producen en estos, lo que impide que los asfaltos se oxiden y principalmente que no se infiltre el agua a las capas inferiores y empeore el deterioro o aparezcan nuevos. Sirve para tratar diferentes tipos de grietas:

- Grietas por fatiga, que consiste en una serie de grietas y fisuras, pero casi sin conexión entre ellas.
- Grietas de borde.
- Grietas que forman bloques casi rectangulares de entre 0.1 y 10 m<sup>2</sup>, cuyo origen son las diferencias de temperatura en mezclas muy rígidas.
- Grietas longitudinales.
- Grietas de reflexión.
- Grietas entre la berma y el pavimento.

## **Materiales**

El MTOP recomienda usar estos tipos de materiales:

- Ligantes.
- Mástic asfáltico con polímero, para grietas entre 6 mm y 20 mm.
- Mezcla arena-emulsión asfáltica. Se utiliza para grietas entre 20 mm y 70 mm.
- Mezclas asfálticas en caliente. Sirve para grietas y cavidades de más de 70 mm de ancho.





## Procedimiento de trabajo

Si existe restos antiguos de sellos se debe remover. En seguida se procede a limpiar la grieta para remover la suciedad, polvo, esto puede realizarse por medio de escobillado o aire comprimido.

El mezclado de las mezclas debe realizarse por medio de equipos mecánicos para asegura la homogeneidad de la misma.

Mediante mangueras o las barras del camión distribuidor de asfalto se aplica los diferentes tipos de mezcla según sea el caso.

Los materiales extraídos o sobrantes se deben trasladar a un botadero autorizado.

### **2.7.1.2.3. *Parcheo o bacheo superficial y profundo (NEVI, 2012)***

#### **Descripción**

Es una operación rutinaria, que consiste en la reparación de baches y el reemplazo de áreas del pavimento que se encuentren deterioradas. Si el daño se encuentra solo en la capa de rodadura asfáltica se realiza un bacheo superficial, pero si se presenta debilitamiento en las estructuras de las base, sub-base y/o subrasante se debe realizar bacheo profundo. Los diferentes tipos de deterioros que se utilizan este método son:

- Piel de cocodrilo, áreas donde se presentan grietas y fisuras interconectadas.
- Baches poco profundos, profundidad menor de 50 mm (parcheo superficial).
- Baches de más de 50 mm de profundidad (parcheo profundo)
- Depresión en la superficie asfáltica (parcheo profundo).
- Grietas parabólicas (parcheo profundo).
- Desplazamiento de áreas localizadas de la capa de rodadura (parcheo superficial).

#### **Materiales**

- Ligantes, se debe utilizar emulsiones asfálticas imprimantes o asfaltos cortados de curado medio. Esto se utiliza cuando la mezcla de reemplazo se apoye sobre una base granular.
- Emulsiones asfálticas, cuando la mezcla se apoye sobre la capa de rodadura asfáltica.



- Mezclas asfálticas en caliente, para la reparación de pavimentos de concreto asfáltico en caliente.
- Mezcla en frío, cuando el pavimento asfáltico este constituido por mezcla en frío y resulte impracticable colocar mezcla en caliente.

### **Procediendo de trabajo**

Primero se remueve la zona deteriorada, delimitándola con pintura y de forma rectangular o cuadrada; al realizar el corte las paredes deben quedar verticales. Luego se limpia las paredes resultantes para posteriormente colocar un imprimante o un riego de liga.

Posteriormente se coloca la mezcla asfáltica de relleno, esta se extiende y nivela mediante rastrillos. Para finalizar se compacta con un rodillo neumático, liso o manual. Los materiales extraídos o sobrantes se deben trasladar a un botadero autorizado.

#### **2.7.1.2.4. Nivelación de bermas con mezcla asfáltica (Ministerio de Transporte y Comunicaciones de Perú, 2013)**

### **Descripción**

Es una operación periódica, que consiste en corregir los desniveles de la berma con respecto al borde del pavimento o cuando la geometría no se ajusta a un plano liso con una pendiente uniforme y adecuada, con la finalidad de recuperar las condiciones de seguridad para el usuario.

### **Materiales**

- Emulsiones asfálticas, como riego de imprimación.
- Asfalto líquido, como riego de imprimación.
- Mezclas asfálticas en caliente.

### **Procedimiento de trabajo**

El trabajo se limita a la zona de la berma, y se comienza por remover las zonas dañadas de la berma, hasta el nivel de la base. Luego se limpia la superficie con escobas para eliminar el polvo y prepararla para la capa de imprimación.



Para finalizar se coloca el concreto asfáltico mecánica o manualmente en la berma, se debe verificar la pendiente transversal y que se ajuste lo mayormente posible al diseño original de la vía.

Los materiales extraídos o sobrantes se deben trasladar a un botadero autorizado.

#### **2.7.1.2.5. Aplicación de arena/agregados (*Tratamiento de zonas de exudación*) (NEVI, 2012)**

##### **Descripción**

Es una operación rutinaria que se refiere a la eliminación de la superficie de la carretera de los excesos de asfalto que aparecen en una parte o la totalidad del ancho.

##### **Materiales**

- Material granular fino

##### **Procediendo de trabajo**

El camión distribuirá la arena avanzando con una velocidad menor a 20 km/h. En las zonas de exudación de tamaño menor, la distribución se podrá hacer manualmente. El papel de la capa de arena es absorber progresivamente el exceso de asfalto que se halla en la superficie. Se repetirá la operación varias veces en la misma área hasta que todo el exceso de asfalto este completamente absorbido.

Al terminar el tratamiento, los excesos de arena, deberán ser eliminados.

Los materiales extraídos o sobrantes se deben trasladar a un botadero autorizado.

#### **2.7.1.2.6. Fresado de la carpeta asfáltica (NEVI, 2012)**

##### **Descripción**

Es una operación periódica, que consiste en cortar total o parcialmente la capa de rodadura asfáltica mediante un fresado en frío, con la finalidad de recuperar las condiciones estructurales y funcionales del pavimento.



## **Equipo**

Se utiliza una maquina fresadora cuyo estado y potencia sea la correcta para garantizar el cumplimiento del trabajo.

## **Procedimiento de trabajo**

El fresado se realiza en el área y espesor que apruebe un supervisor, donde primero se realiza la limpieza del área. Luego la máquina para realizar el fresado, esto se interviene a temperatura ambiente.

Los materiales extraídos o sobrantes se deben trasladar a un botadero autorizado.

### **2.7.1.2.7. Tratamiento superficial (Ministerio de Transporte y Comunicaciones de Perú, 2013)**

## **Descripción**

Este trabajo consiste en la colocación de una o más capas de tratamiento superficial, está constituida por asfalto, agregados y de ser el caso aditivo. Se realiza cuando la superficie de la capa de rodadura está deteriorada por factores ambientales y se ha desprendido el material bituminoso o el agregado.

## **Materiales**

- Agregados pétreos que cumplan con la calidad especificada del proyecto.
- Material bituminoso que cumpla con las características de calidad establecidos en el proyecto.
- Aditivos mejorados de adherencia, cuando sea necesario y sea requerido por un supervisor.

## **Procedimiento de trabajo**

Primero se realiza la explotación y producción de los agregados. Luego se procede a la preparación de la superficie, donde debe tener la compactación y densidad adecuada. Se continúa con la aplicación del ligante bituminoso, para lo cual la superficie debe estar seca y libre de impurezas.



Para finalizar se aplica el material bituminoso con la dosificación adecuada, debe ser uniforme a una temperatura adecuada. Debe extenderse por toda la superficie del proyecto que ha sido establecido en el proyecto.

#### **2.7.1.2.8. Sobrecarpeta asfáltica (recapeo) (Ministerio de Transporte y Comunicaciones de Perú, 2013)**

##### **Descripción**

Es una operación de conservación periódica, donde se coloca una o más carpetas asfálticas sobre la superficie de rodadura, con el objeto de recuperar las condiciones estructurales y superficiales del pavimento para brindar comodidad, seguridad, rapidez y economía requerida para el usuario. Se realiza cuando se establece un estado REGULAR de la vía.

##### **Materiales**

- Cemento asfáltico como ligante.
- Emulsión catiónica de rotura lenta como ligante.
- Emulsión catiónica de rotura rápida como ligante.
- Agregados minerales gruesos.
- Agregados minerales finos.
- Filler o polvo mineral.
- Cemento asfáltico.

##### **Procedimiento de trabajo**

Se debe comenzar por preparar la superficie esto es limpieza de la basura polvo y otros materiales, en algunos casos se requiere fresado de parte de la capa asfáltica. Luego con las condiciones climáticas adecuadas se aplica el riego de liga.

Se ejecuta la colocación y compactación del recapeo de acuerdo a lo establecido. Los materiales extraídos o sobrantes se deben trasladar a un botadero autorizado.



#### **2.7.1.2.9. Sello superficial (NEVI, 2012)**

##### **Descripción**

Es una operación periódica, que se refiere al recubrimiento de un pavimento asfáltico por un riego asfáltico. Los tipos de sello son riego de neblina, lechada asfáltica y tratamientos superficiales. Se utiliza normalmente en las siguientes condiciones:

- Corrección de pequeñas fisuras y resquebrajamientos de la capara de rodadura.
- Pulimiento superficial.
- Degaste de la superficie de una mezcla asfáltica.
- Corrección de la carencia de una cantidad adecuada de asfalto en la mezcla.

##### **Materiales**

- Emulsiones de quiebre lento.
- Emulsiones modificadas.
- Materiales pétreos.

##### **Procedimiento de trabajo**

Primero se realiza bacheo si es necesario, luego se prepara la superficie barriendo cuidadosamente para eliminar todo tipo de basuras, polvo y otros materiales sueltos.

La aplicación se realizara cuando la temperatura sea la adecuada, los sellos se aplica con un distribuidor a presión asegurándose que cubra toda el área uniformemente.

Los materiales extraídos o sobrantes se deben trasladar a un botadero autorizado.

#### **2.7.1.2.10. Escarificación y reconfirmación de la carpeta asfáltica (Secretaría de Integración Económica Centroamericana, 2010)**

##### **Descripción**

Consiste en la escarificación, desintegración, humedecimiento, mezclado, reconfirmado, compactado y afinado de la capa de rodadura o del tratamiento asfáltico. La capa escarificada debe mezclarse con el material base presente en la estructura del pavimento y/o con el material de base que se puede agregar para reforzar la estructura.



Este trabajo debe ser ejecutado en todos aquellos tramos en los que el estado del deterioro del pavimento existente impida la reparación aislada de las áreas afectadas.

### **Materiales**

- Si se requiere material adicional para ajustar el espesor de la estructura, se emplea base triturada.

### **Equipo**

Desgarrador de una moto niveladora.

### **Procedimiento de trabajo**

Primero se identifica las áreas donde se va a realizar la escarificación, luego el desgarramiento y desintegración de la capa de material asfáltico con o sin material de base, siguiendo las cotas de alineamiento previstas en el proyecto. Estos materiales extraídos deben compactarse como mínimo al 95% de densidad seca máxima. Se debe mantener un adecuado bombeo, para evitar estanque el agua se estanque.

Para finalizar cuando se esté en el nivel final de la superficie no debe variar en más de 2 cm del nivel original, debiendo corregirse cualquier exceso.

Los materiales extraídos o sobrantes se deben trasladar a un botadero autorizado.

### **2.7.1.3. ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO DE PAVIMENTOS RÍGIDOS**

#### **2.7.1.3.1. Parcheo o bacheo superficial (NEVI, 2012)**

### **Descripción**

Es una operación rutinaria, que consiste en una solución temporal cuando hay que reparar trozos de losas deteriorados. Comprende la colocación de una capa de mezcla asfáltica en frío en el pavimento de hormigón sobre una capa de material granular.

### **Materiales**

- Mezcla asfáltica en frío.
- Material para rellenar la base granular.



## Procedimiento de trabajo

En la superficie a bachear, previamente establecida por un supervisor, se procede a remover la zona deteriorada, delimitándola con pintura y de forma rectangular o cuadrada; al realizar el corte las paredes deben quedar verticales. Luego se limpia las paredes resultantes para posteriormente colocar un imprimante o un riego de liga.

Posteriormente se coloca la mezcla asfáltica de relleno, esta se extiende y nivela mediante rastrillos. Para finalizar se compacta con un rodillo neumático, liso o manual.

El relleno granular compactado deberá ejecutarse hasta un nivel que permita la posterior colocación del material de bache asfáltico con un espesor mínimo de 50 mm.

Los materiales extraídos o sobrantes se deben trasladar a un botadero autorizado.

### **2.7.1.3.2. Sellado de grietas y resellado de juntas (NEVI, 2012)**

#### Descripción

Operación rutinaria, que consiste en resellar las juntas y sellar o resellar las grietas existentes en el pavimento. Se debe mantener selladas dichas grietas o juntas para que el pavimento alcance la vida útil esperada. Para que el sellado cumpla su objetivo también se debe procurar que no se experimenten desplazamientos verticales significativos en las losas del pavimento.

#### Materiales

- Imprimantes y cordones de respaldo para juntas de hasta 12 mm de ancho.
- Productos de tipo termoplástico aplicados en caliente para juntas entre 12 y 20 mm de ancho.
- Mástic asfáltico para juntas entre 20 mm y 30 mm y grietas entre 3 mm y 30 mm de ancho.
- Mezcla de arena-emulsión para juntas y grietas de ancho mayor a 30 mm.
- 

#### Procedimiento de trabajo

El primer paso es la limpieza de las juntas y/o grietas que contengan restos de sellos antiguos en toda su profundidad. No se debe usar solventes para remover los sellos antiguos.





Luego se procede a la imprimación para producir una perfecta adherencia entre el sellante y las paredes de las juntas y/o grietas.

Para finalizar se coloca el material sellante estipulado de acuerdo al ancho de junta y/o grieta. El sellado debe ejecutarse mediante equipos mecánicos adecuados para asegurar un vaciado continuo y uniforme.

Los materiales extraídos o sobrantes se deben trasladar a un botadero autorizado.

### **2.7.1.3.3. *Renivelación y llenado de berma para ajustar a nivel del carril (NEVI, 2012)***

#### **Descripción**

Operación de tipo rutinaria, consiste en la nivelación de bermas de material granular en calzadas con pavimento rígido, que se encuentren desniveladas respecto del borde del pavimento, que estén deformadas o cuya geometría no se ajuste a un plano con pendiente uniforme.

El objetivo es recuperar las condiciones de seguridad para los usuarios, pues un desnivel entre la calzada y la berma es peligroso para la estabilidad de los vehículos que ocasionalmente pueda salir de la pista de circulación.

#### **Materiales**

- Base granular con las características necesarias para devolver a la berma las condiciones iniciales.

#### **Procedimiento de trabajo**

Preparar la superficie de trabajo demarcando los sitios desnivelados o deteriorados, la zona por nivelar debe cubrir todo el ancho de la berma. Posteriormente se realiza el escarificado de las zonas demarcadas.

Se coloca el material base de manera que quede al nivel con el borde del pavimento; y la pendiente prevista para la circulación del agua.

Los materiales extraídos o sobrantes se deben trasladar a un botadero autorizado.



#### **2.7.1.3.4. Fresado (*Ministerio de Transporte y Comunicaciones de Perú, 2013*)**

##### **Descripción**

Es una operación periódica, que consiste en cortar superficialmente la losa y/o berma, también se le denomina cepillado superficial.

El fresado se realiza cuando se requiere corregir irregularidades en la superficie de rodadura o las bermas para recuperar las condiciones estructurales y superficiales y brindar la seguridad y comodidad apropiada para el usuario.

Mediante esta actividad también se logra aumentar la fricción entre el pavimento y el neumático pero no aumenta la capacidad estructural.

##### **Equipos**

- El fresado se ejecuta con una maquina autopulsada especialmente diseñada para suavizar y dar una textura adecuada a la superficie.

##### **Procedimiento de trabajo**

Primero se realiza la reparación de juntas, cambios de losas, bacheo, reparación de grietas si es el caso para continuar con el cepillado del pavimento. Este cepillado debe ejecutarse de tal manera que las superficies adyacentes a una junta o grieta queden a la misma altura.

El objetivo del trabajo es eliminar todos los escalonamientos existentes en juntas y grietas, mejorar la textura superficial y disminuir substancialmente la rugosidad del pavimento.

Los materiales extraídos o sobrantes se deben trasladar a un botadero autorizado.

#### **2.7.1.3.5. Reemplazo de losa (*Ministerio de Transporte y Comunicaciones de Perú, 2013*)**

##### **Descripción**

Es una operación periódica, que se refiere a la reposición de losas que están altamente deterioradas. Esta se logra excavando a profundidad a fin de que la estructura de reposición quede al mismo nivel de las losas adyacentes.



## **Materiales**

- Si el material de la sub-base es inadecuado deberá reemplazarse por uno que cumpla los requisitos de resistencia.
- Losa de reposición.

## **Procedimiento de trabajo**

Primero se procede a remover la losa existente, cuidando de no dañar los hierros de unión que existan entre las juntas del pavimento.

Luego se prepara la sub-base, si es que la falla del pavimento fue por la humedad excesiva. Esta deberá perfilarse y compactarse hasta alcanzar como mínimo el 95% de la humedad.

Para finalizar se construye la nueva losa con las características de resistencia u dosificación establecida para soportar las cargas del tránsito.

Los materiales extraídos o sobrantes se deben trasladar a un botadero autorizado.

### **2.7.1.3.6. Sobrecarpeta asfáltica (Recapeo) (NEVI, 2012)**

Es la misma actividad que se realiza en el pavimento flexible. En este caso se aplica sobre la superficie de rodadura de concreto.

## **2.7.2. REHABILITACIÓN**

Actividades que tienen por finalidad recuperar las condiciones iniciales de la vía de manera que se cumplan las especificaciones técnicas con que fue diseñada. (Instituto nacional de vías, 1998).

Su reparación será mayor selectiva, con refuerzo del pavimento o de la calzada.

Se requiere previamente efectuar trabajos de mantenimiento como tratamiento de fisuras, parchados, etc. en la estructura existente y posibles mejoramientos de drenaje. Su objetivo es establecer la capacidad estructural y la calidad original de la superficie de rodadura. (Booz et al, 1999).



### **2.7.3. RECONSTRUCCIÓN**

Es la renovación completa de la estructura del camino, se requiere efectuar previamente la demolición parcial o completa de la estructura existente.

Las causas determinantes probables son una deficiente construcción o la ausencia de mantenimiento adecuado.

Su objetivo es restaurar los deterioros provocados por desatención o descuido prolongado de las vías, a fin de asegurar el normal funcionamiento de la vía, al menor costo posible. (Booz et al, 1999).

### **2.8. OPTIMIZACIÓN**

La selección de una técnica adecuada o la combinación de técnicas de tratamiento que se da a un pavimento debe basarse en un análisis ingenieril y económico. Con el fin de logra la optimización de los recursos disponibles. Para esto se deberá hacer una comparación de las alternativas, con información suficiente para una buena toma de decisiones.

Para la optimización se debe integrar todas las actividades relacionadas con la evaluación de las vías y una posible simulación el comportamiento de los pavimentos a futuro para la optimización de los recursos en coordinación con el diseño, construcción y el mantenimiento o rehabilitación.

La información almacenada mediante la evaluación provee una base de datos para alimentar información para la toma de decisiones. Los inventarios deben contener: datos de pavimento (tipo, espesor, año de construcción), datos de tráfico, calidad del recorrido, consocio de la superficie y cambios estructurales.

#### **2.8.1. MATRICES DE PROBABILIDAD DE TRANSICIÓN DEL PAVIMENTO (MATRICES MARKOV)**

Es un proceso estocástico en el que el resultado de al menos uno de los eventos sucesivos que lo conforman depende del azar, es decir no se puede predecir un resultado y considerarlo como seguro, pero se lo puede inferir en base a los resultados de eventos anteriores.



“El caso más simple de un proceso estocástico, ocurre cuando el resultado en cada etapa solo depende del resultado de la etapa anterior y no de cualquier de los resultados previos. Tal proceso se denomina proceso de Markov o cadena de Markov, estas cadenas tienen memoria, recuerdan el último evento y eso condiciona las posibilidades de los eventos futuros” (Kohan, 2014).

Para este caso puntual, el proceso de condición de transición de las metodologías de evaluación de la condición del pavimento es incierto, ya que se deben tomar datos reales durante un determinado periodo para verificar el factor de deterioro. La hipótesis de Markov es una probabilidad de cambio del índice en un determinado momento en el tiempo. Indica el comportamiento del estado del pavimento en condiciones normales. Es por eso que, la hipótesis de Markov se utiliza para representar un patrón de transición incierta de condición del pavimento en un periodo de tiempo (Rojo & Miranda, 2009).

## **2.9. PRIORIZACIÓN Y JERARQUIZACIÓN**

La jerarquización y Priorización son procesos que permiten identificar y/o reconocer problemas importantes, datos significativos con el fin de aclarar criterios al momento de tomar decisiones. Un aspecto a tomar en consideración al momento de realizar estos procesos es que el usuario establece su propia jerarquía, asignando pesos a los criterios que considere más importantes para su proyecto, los criterios a seleccionar deberán ser analizados previamente con la finalidad de que sean relevantes, decisores, significativos y se asemejen a la realidad en campo.

También es importante considerar en la jerarquización en una matriz, es que busca a partir de algunos objetos valorar los criterios antes mencionados, de esta manera el resultado de la ponderación será eficaz y eficiente, ya que permitirá dar soluciones claras y entendibles con datos reales y específicos del lugar de estudio, que favorezcan a discusiones y permitan tener una base de datos para estudios futuros, aplicaciones modificaciones (Victoria, 2015).

Para la evaluación de un sistema de gestión sostenible de pavimentos ya sea flexibles o rígidos, los criterios más importantes a tomar en cuenta para asemejar a la realidad en campo son: valor de PCI, puntuación del usuario, importancia de la vía, uso de la vía, opinión de los usuarios del lugar, con estos datos obtenidos se tiene una idea de las intervenciones y/o soluciones que necesitan los pavimentos en estudio.



### **2.9.1. ANÁLISIS DE COSTOS**

Cada tratamiento, intervención, construcción que se efectuó en el estudio de los pavimentos está vinculado con un costo, el cual dependerá de la magnitud de la falla, materiales a usar, maquinaria, mano de obra siendo esta última por lo general 21% del costo total de la obra (Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador). De esta manera se puede clasificar en dos grupos el análisis de costos: Costo unitario y costos locales (Orozco y Orozco 2004)

#### **Costo Unitario**

Es el costo referente a cada unidad de obra que se ejecute, de acuerdo a las normativas de costos establecidas.

#### **Costos Locales**

Estos costos están relacionados al valor que tiene un determinado tratamiento en un lugar donde se realizara la intervención, son lo más importantes ya que generalmente son los más económicos del mercado ya que requieren que mano de obra como maquinaria no se desplace a grandes distancias con lo que los rubros son menores.

## CAPÍTULO 3. MATERIALES Y MÉTODOS

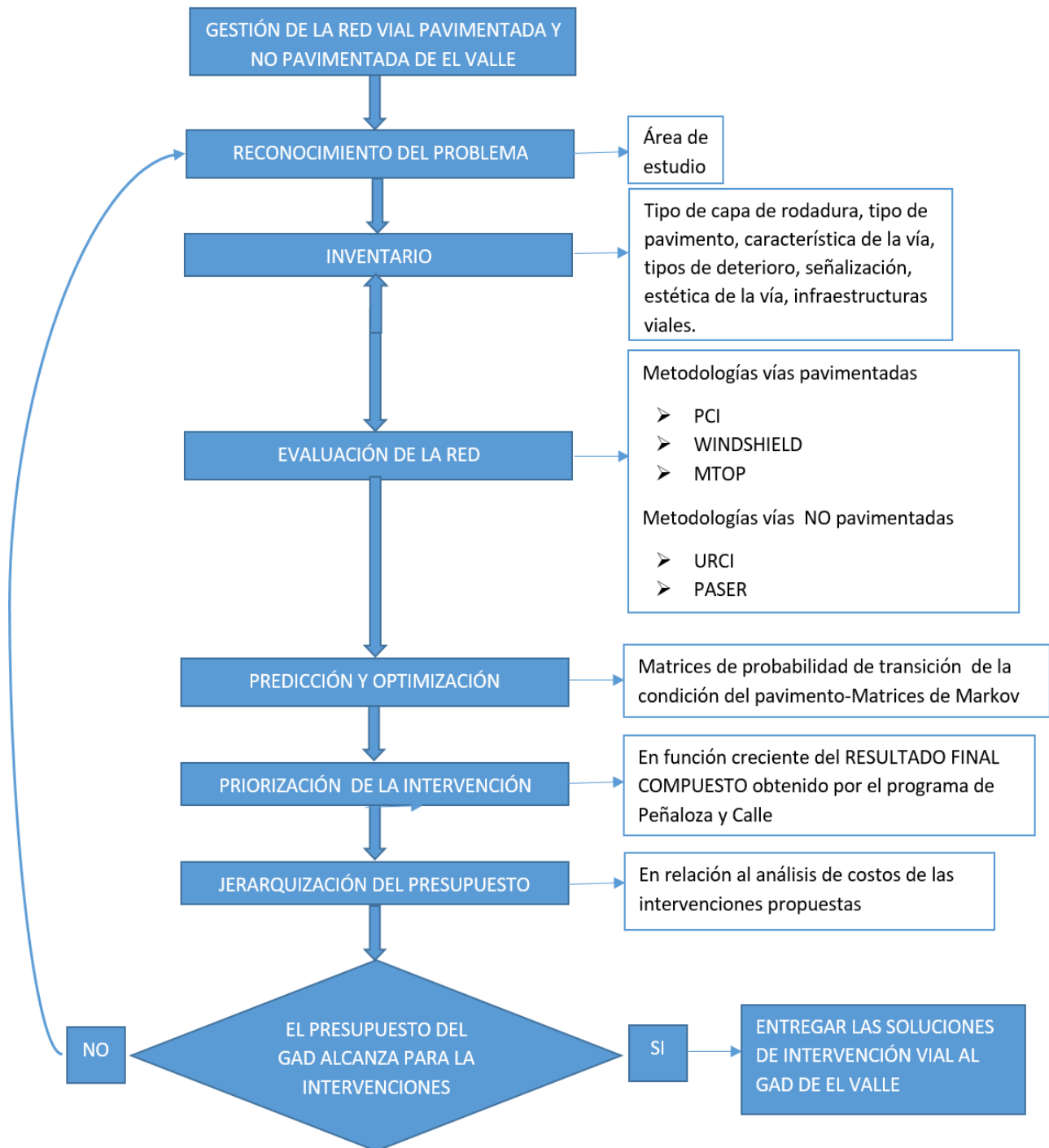


Figura 14. Diagrama de gestión de pavimentos - El Valle



### **3.1. ÁREA DE ESTUDIO**

#### **3.1.1. DATOS GENERALES**

##### **UBICACIÓN**

La parroquia El Valle ubicada en la parte suroriental de la ciudad de Cuenca es una de las más importantes del Cantón, por cuanto a través de sus actividades se armonizan y dinamizan las actividades principales de la ciudad, como la de la construcción, la vivienda y el comercio al por menor, como centro de abastecimiento de mano de obra para la cabecera cantonal.

Se encuentra al sureste del Cantón Cuenca, provincia del Azuay

##### **LÍMITES**

Norte: Ciudad de Cuenca y la Parroquia Paccha del cantón Cuenca

Sur: Parroquias Tarqui, Quingeo y Santa Ana del cantón Cuenca

Este: Parroquia Santa Ana del cantón Cuenca

Oeste: Ciudad de Cuenca y la Parroquia Turi del cantón Cuenca

##### **TASA DE CRECIMIENTO**

1.89% anual intercensal (tasa positiva de crecimiento)

##### **CLIMA**

Temperatura media 15 G Precipitación promedio Inter. Anual 68mm por año (Datos interpolados de las estaciones meteorológicas de Cochabamba y Ricaurte M541).

#### **3.1.2. ZONA DE ESTUDIO**

La red vial de El Valle está compuesta por vías de pavimento flexible, rígido y vías no pavimentadas.



En la Tabla 1. se observa cada una de las vías evaluadas en este trabajo de titulación.

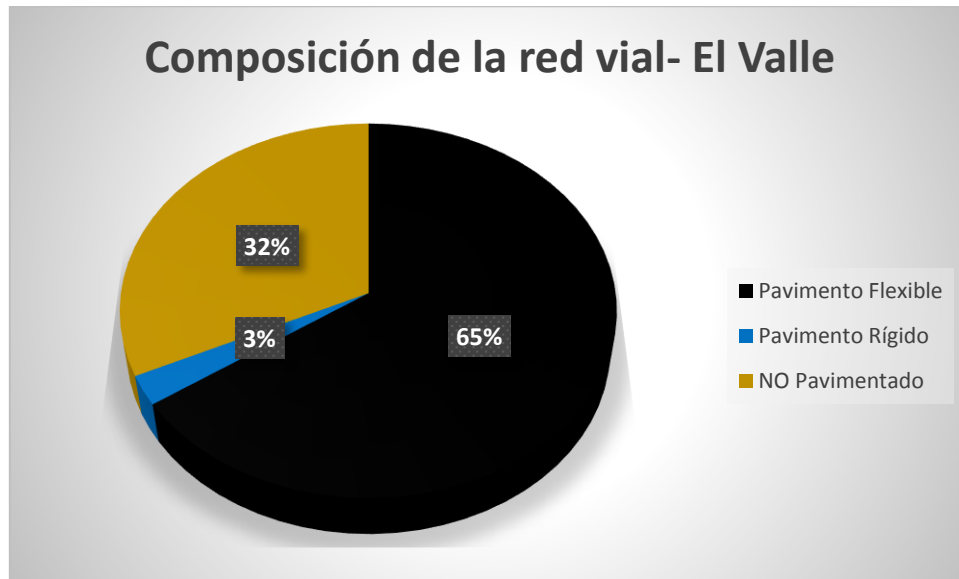


**Figura 15.** Área de estudio - El Valle

Pavimento Flexible		Pavimento Rígido		No Pavimentadas	
VÍA	Puntos	VÍA	Puntos	VÍA	Puntos
F1 (Vía El Valle)	A-B-C-D-E-F-G-H-I-J-K	R1	V-W	L1	Z-A1
F2	A-L-M-N-O-K	R2	G-D1	L2	A1-B1
F3	X-W-J			L3	B1-C1-I
F4	H1-Y			L4	C1-D1-F
F5	B-G1-Z			L5	L-S
F6	T-S-R-Q-V-U			L6	M-R
F7	B-Y-T-U			L7	N-P-Q
F8	G1-C			L8	O-P
F9	X-D				
F10	U-X				
F11	U-C				
F12	E-F1-E1				
F13	F1-I1-E1-G				

**Tabla 1.** Red vial pavimentada y no pavimentada- El Valle.

En la Figura 15. se observa el porcentaje de cada capa de rodadura de acuerdo al área total de la red vial del estudio.



*Figura 16. Composición de la red vial - El Valle.*

### 3.2. MATERIALES E INSTRUMENTOS

Los materiales e instrumentos que se exponen a continuación son de vital importancia para obtener datos confiables y así realizar un trabajo óptimo en campo.

#### **Cinta Métrica**

Consiste en una cinta graduada que puede enrollarse y es utilizada para medir distancias, con la cual se facilita la medición del área de las distintas fallas como también secciones importantes del pavimento, en la toma de datos se ha utilizado cintas metálicas y plásticas.

#### **Odómetro Manual**

Es un instrumento que tiene incorporado una rueda, la cual a medida que gira recorriendo un determinado trayecto, cuantifica la distancia recorrida. En la toma de datos se utiliza fundamentalmente para la medición de fisuras.

#### **Regla Graduada**

Es un instrumento de medición que tiene una escala graduada dividida en centímetros, usada principalmente en la determinación de ancho de fisuras, profundidad de huecos y otros desniveles que requieren una medida más precisa y de cómodo acceso.



### **Plano de Esquematización**

Sirve para orientar al evaluador y así este pueda reconocer con facilidad las unidades de muestra que debe evaluar.

### **Hojas de Campo**

Para la evaluación se consta con seis tipos de hojas de campo, una para pavimento flexible método PCI (Tabla 75, Anexo A) y otra para pavimento rígido método PCI (Tabla 129, Anexo A), las hojas de campo del Windshield para pavimento flexible (Tabla 88, Anexo A), MTOP para pavimentos flexibles como rígidos (Tabla 102, Anexo A); y las hojas de campo para las vías no pavimentadas que son del método URCI (Tabla 133, Anexo A) y Paser (Tabla 141, Anexo A). Estas hojas sirven para registrar todos los datos tomados en campo tales como: tipo de falla, magnitud y severidad de la falla, área de la sección, número de losas de la unidad de muestra, nombre del evaluador, fecha de la evaluación, el número de la unidad de muestra, nombre del estacionamiento o vía, observaciones y el bosquejo.

### **Formato para la evaluación del pavimento flexible y rígido; Peñaloza y Calle (2017)**

Programa que sirve para el cálculo del PCI, optimización, mediante el análisis de Markov; y priorización de la red de pavimentos.

## **3.3. METODOLOGÍAS DE CÁLCULO DEL ÍNDICE DE LA CONDICIÓN EN VÍAS PAVIMENTADAS**

### **3.3.1. ÍNDICE DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI)**

#### **3.3.1.1. INTRODUCCIÓN DEL MÉTODO PCI**

Esta técnica esta normada por la ASTM-D6433-11, desarrollada por el Cuerpo de Ingenieros de la

Armada de los Estados Unidos (Shahin, 2005). Este método de evaluación se basa en la evaluación visual de los deterioros del pavimento que está en función de la clase, severidad y cantidad o densidad, de acuerdo al formulario del PCI. Esta metodología no requiere de herramientas sofisticadas por lo que es una metodología de fácil implementación y así calificar de manera objetiva el estado real de pavimentos flexibles y rígidos (Vásquez 2002).

El PCI es un índice numérico, desarrollado para obtener el valor de irregularidad de la superficie del pavimento y la condición de operacional; esta información del deterioro



permite realizar un inventario que ofrece una percepción clara de las causas de los daños y su relación con las cargas del tránsito o con el clima; y proporciona una objetiva y racional base para determinar las necesidades de rehabilitación, mantenimiento, rehabilitación, reconstrucción, etc. El PCI varía de 0 para pavimentos fallados a un valor de 100 para pavimentos en excelente condición (Vásquez 2002).

La Tabla 2. presenta los rangos del PCI con la correspondiente calificación cualitativa de la condición del pavimento.

RANGO	CLASIFICACIÓN
100-85	Excelente
85-70	Muy Bueno
70-55	Bueno
55-40	Regular
40-25	Pobre
25-10	Muy Pobre
10-0	Fallado

**Tabla 2.** Rangos de clasificación del PCI (Vásquez, 2002)

### 3.3.1.2. PROCEDIMIENTO DE EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO

La primera etapa es la evaluación del pavimento en campo, donde se identifican los deterioros del mismo, identificando la clase, severidad y extensión.

**La clase** de deterioro es el tipo de degradación que presenta la superficie del pavimento por ejemplo: piel de cocodrilo, exudación, agrietamiento en bloque en para pavimentos flexibles; y grieta de esquina, losa dividida en pavimentos rígidos (Armijos, 2009).

**La severidad**, esta representa la gravedad del deterioro y su progresión, entre más grave sea el daño las medidas de corrección deberán ser más rigurosas (Montejo, 2006).

Los niveles de severidad en la mayoría de clases de deterioro son (Shahin, 2005):

- **Bajo, (B):** en el carro se perciben vibraciones (por ejemplo, por corrugaciones), pero no es necesaria la reducción de velocidad en aras de la comodidad o la



seguridad. Los abultamientos y hundimientos individuales también casan un ligero rebote los usuarios, pero la incomodidad.

- **Medio, (M):** se produce una reducción de la velocidad del vehículo para garantizar la comodidad y seguridad debido a las vibraciones que en este se producen; los abultamientos o hundimientos individuales causan un rebote significativo creando incomodidad
- **Alto, (A):** cuando las vibraciones en el vehículo son excesivas, la velocidad debe reducirse considerablemente, para garantizar la comodidad y seguridad de los usuarios; los abultamientos o hundimientos individuales producen una alta incomodidad y daño severo del vehículo por el rebote excesivo del mismo.

Y por último **la extensión**, que representa el área o longitud que se encuentra afectada por cada tipo de deterioro, en caso de pavimentos rígidos la calificación se representa por el número de losas que se repita dicha falla.

En el pavimento flexible de acuerdo al método del PCI hay 20 fallas según la norma ASTM D 6433-11:

- |  |                                     |
|--|-------------------------------------|
| 1. Piel de cocodrilo                         | 11. Bacheo                          |
| 2. Sangrado                                  | 12. Agregado pulido                 |
| 3. Agrietamiento en bloque                   | 13. Baches                          |
| 4. Abultamientos y hundimientos              | 14. Cruce de rieles de tren         |
| 5. Corrugación u ondulaciones                | 15. Ahuellamiento                   |
| 6. Depresiones                               | 16. Empuje                          |
| 7. Agrietamiento de borde                    | 17. Agrietamiento por deslizamiento |
| 8. Agrietamiento por reflexión               | 18. Hinchamiento                    |
| 9. Desprendimiento de borde                  | 19. Desprendimiento de agregados    |
| 10. Agrietamiento longitudinal y transversal | 20. Desmoronamiento                 |

En el pavimento rígido de acuerdo al método del PCI hay 15 fallas según la norma ASTM D 6433-11:

- |                              |                               |
|------------------------------|-------------------------------|
| 1. Levantamiento localizado  | 6. Daño de sellando de junta  |
| 2. Grieta de esquina         | 7. Desnivel carril/berma      |
| 3. Losa dividida             | 8. Grieta lineal longitudinal |
| 4. Grieta de durabilidad "D" | 9. Grieta lineal transversal  |
| 5. Escala o Dislocamiento    | 10. Grieta lineal diagonal    |





- 11. Parche grande y acometida de servicios públicos
- 12. Parche pequeño
- 13. Pulimiento de agregados

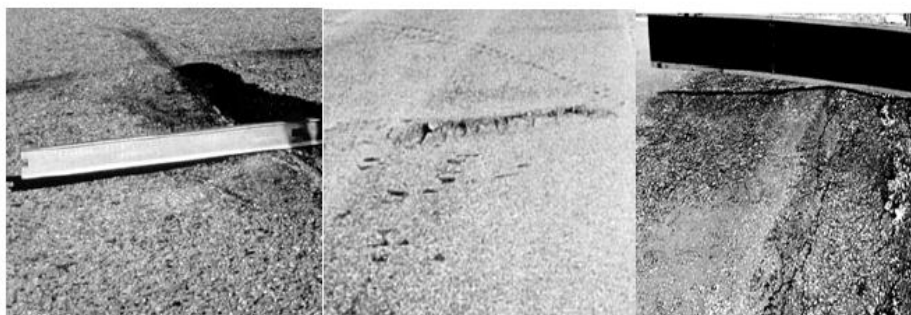
- 14. Desintegración, desprendimiento, agujeros
- 15. Punzonamiento

Cada tipo de falla tiene su descripción, severidad y medida. Además consta de las posibles causas de cada deterioro y del mantenimiento y reparación. Cada tipo de severidad consta con el registro fotográfico para la fácil identificación.

Por ejemplo para el tipo de falla agrietamiento en bloque, se tiene:

<p><b>3. Agrietamiento en Bloque</b></p> <p><b>Descripción:</b></p> <p>La norma ASTM D6433-11 define al agrietamiento en bloque como grietas interconectadas que dividen al pavimento en pedazos aproximadamente rectangulares. Estos bloques pueden medir entre 0.9 y 9 m<sup>2</sup>.</p> <p><b>Niveles de Severidad</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>➤ L-Grietas con un ancho medio menor a 6 mm; o grietas selladas con un sellante en buenas condiciones y con un ancho que no se puede determinar.</li><li>➤ M- Grietas con un ancho medio entre 6 y 19 mm; o cualquier grieta con un ancho medio menor a 19 mm y un deterioro por agrietamiento de baja severidad.</li><li>➤ H-Grietas con un ancho medio mayor a 19 mm; o cualquier grieta con un deterioro por agrietamiento con alta o media densidad.</li></ul> <p><b>Medición.</b></p> <p>Los agrietamientos por bloque deben ser medidos en metros cuadrados. Usualmente ocurre que existe solo un nivel de severidad en una sección dada de pavimento; pero si hay áreas de diferentes severidades se deben de medir y registrar por separado.</p> <p><b>Posibles Causas.</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>1. Generalmente mezclas de agregado fino con alto contenido de asfalto de baja penetración.</li><li>2. Falta de tránsito en la vía (Montejo Fonseca, 1998). </li></ul> <p><b>Mantenimiento o Reparación.</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>➤ Sellar las grietas con un producto adecuado y colocar un tratamiento superficial</li></ul>
--

**Figura 17.** Ejemplo de tipo, severidad y medida de cada deterioro.



**Figura 18.** Ejemplo del registro fotográfico de cada deterioro.

Cada tipo de deterioro se encuentra en el Anexo D. para pavimentos flexibles y Anexo E para rígidos.



### 3.3.1.3. DIVISIÓN DEL PAVIMENTO EN UNIDADES DE MUESTRA

1. Para la evaluación se divide la vía en unidades de muestreo, cuyas dimensiones varían de acuerdo al tipo de vía (pavimento flexible o rígido) y dimensiones de la misma.

Para vías con **pavimento flexible** y ancho menor que 7.70 m. el área de muestreo debe estar entre  $230 \pm 93 \text{ m}^2$  (Vásquez, 2002). En la Tabla 3. se presentan algunas relaciones de acuerdo al ancho de la calzada.

ANCHO DE CALZADA (m)	LONGITUD DE LA UNIDAD DE MUESTREO (m)
5.00	46.00
5.50	41.80
6.00	38.30
6.50	35.40
7.30 (máx.)	31.50

**Tabla 3.** Longitudes de unidades de muestreo para pavimentos flexibles (ASTM D 6433, 2011).

2. Para **pavimentos rígidos** y con longitud inferior a 7.60 m. la unidad de muestreo debe estar en el rango  $20 \pm 8$  losas (ASTM D 6433, 2011).

### 3.3.1.4. DETERMINACIÓN DE LAS UNIDADES DE MUESTREO

Para la “**Evaluación de una red**” que comprende este trabajo de titulación, se debe aplicarse un proceso de muestreo para que el tiempo de evaluación se simplifique (Vásquez, 2002).

Para la evaluación de una red de pavimentos no se indica ecuación para el número mínimo de unidades de muestreo ( $n$ ) por lo que se utiliza la Ecuación 1 (ASTM D 6433, 2011) de “**Evaluación de un Proyecto**” con una confiabilidad del 95% y un estimado del PCI+5 (Vásquez, 2002).

$$n = \frac{N x \sigma^2}{\frac{e^2}{4} x (N - 1) + \sigma^2} \quad (\text{Ecuación 1})$$

**Donde:**

**n:** Numero minimo de unidades de muestreo a evaluar.

**N:** Numero total de unidades de muestreo en la seccion del pavimento.



**e:** Error admisible en el estimativo del PCI de la sección ( $e=\pm 5$ ).

**$\sigma$ :** Desviación estándar del PCI entre las unidades.

Para pavimentos de superficie asfáltica se asume una desviación estándar de 10 y 15 para pavimentos de superficie de concreto (Shahin, 2005). En inspecciones subsecuentes, se usará la desviación estándar real de la inspección previa en la determinación del número mínimo de unidades que deberán evaluarse. Cuando el número mínimo de unidades a ser evaluadas es menor que cinco ( $n < 5$ ), se recomienda evaluar todas las unidades (Shahin, 2005).

### 3.3.1.5. SELECCIÓN DE LAS UNIDADES DE MUESTREO

Se debe procurar que las unidades de muestreo estén igualmente espaciadas a lo largo de la sección, así que la primera se puede elegir al azar y las siguientes se debe seguir de acuerdo al “sistema aleatorio” (Vásquez, 2002) descrito en los siguientes pasos:

- a) El intervalo de muestreo ( $i$ ) se determina por la Ecuación 2 (Vásquez, 2002).

$$i = \frac{N}{n} \quad (\text{Ecuación 2})$$

**Donde:**

**N:** Número total de unidades de muestreo disponible.

**n:** Número mínimo de unidades de muestreo a evaluar.

**i:** Intervalo de muestreo, se redondea al número entero inferior.

- b) El inicio al azar es o son seleccionados entre la unidad de muestreo 1 y el intervalo de muestreo  $i$ .
- c) Las unidades de muestreo para la evaluación se identifican como “s”, “s + i”, “s + 2 i”, etc.

#### 3.3.1.5.1. Selección de las Unidades de Muestreo Adicionales

Cuando se excluye unidades de muestreo que son de importancia en la sección se suele utilizar unidades de muestreo adicionales. Cuando se incluyen estas unidades el valor del PCI puede variar ligeramente modificando para prevenir datos erróneos.

Cuando se selecciona unidades de muestreo para la inspección las unidades de muestra seleccionadas debe ser representativa (no aleatorio) del conjunto de la sección. El





objetivo principal para el presupuesto estimando y la valoración de condición de la red es obtener una valuación significativa con el costo mínimo (Shahin, 2005)

### **3.3.1.6. PROCEDIMIENTO DE LA ENCUESTA DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO**

Según el tipo de pavimento a ser inspeccionado se realiza primero la división en las unidades de muestra y escoger las unidades a ser inspeccionadas como se describe anteriormente.

El procedimiento de inspección para pavimentos con superficies de asfalto y concreto, se realiza llenando los espacios en blanco en los formatos de las Tablas 75 y 129 para pavimento flexible y rígido respectivamente que se encuentra en el Anexo A.

Debe seguirse estrictamente la definición de los daños descritos en el Anexo D y Anexo E esto con el fin de obtener un PCI confiable.

Se inspecciona una unidad de muestreo para medir el tipo, cantidad y severidad de los daños de acuerdo al Manual de Daños, y se registra la información en el formato correspondiente. Se debe conocer y seguir estrictamente las definiciones y procedimiento de medida de daños. Se usa un formulario u “hoja de información de exploración de la condición” para cada unidad de muestreo y en los formatos cada región se usa para registrar un daño, su extensión y su nivel de severidad.

### **3.3.1.7. CÁLCULO DEL PCI DE LAS UNIDADES DE MUESTREO**

La segunda etapa, luego de culminada la inspección en campo, consiste en el cálculo del PCI de la unidades de muestreo. Este cálculo consiste en “valores deducidos” de cada daño, severidad y extensión; registrado en campo.

#### **3.3.1.7.1. Cálculo del PCI para pavimentos con Superficie Asfáltica**

Con la finalidad de facilitar el entendimiento del cálculo del PCI, se ha descrito mediante diversos pasos:

#### ***PASO 1: Determinación de los Valores Deducidos (VD):***

1.a. Sumar cada tipo y nivel de severidad de los deterioros y regístrelo en la columna de “Total” de la Tabla 75, Anexo A. El daño puede medirse en área, longitud o por su número.



1.b. Dividir la “Cantidad total” de cada tipo de deterioro, en cada nivel de severidad, entre el “área muestra” de la unidad de muestreo y expresar en porcentaje. Esta es la “densidad” del daño, con el nivel de severidad especificado, dentro de la unidad en estudio.

1.c. Determinar el “Valor Deducido” para cada tipo de daño, con su respectivo nivel de severidad mediante las curvas o tablas denominadas “valor deducido del daño”, que se encuentra en el anexo D de acuerdo con el tipo de pavimento inspeccionado.

**PASO 2:** *Determinación del número máximo admisible de valores deducidos ( $m_i$ ):*

2.a. Si ninguno o tan solo uno de los “valores deducidos” es mayor que 2, se usa el “valor deducido total” en lugar del “valor deducido corregido” (CDV), obtenido en el Paso 4; de lo contrario, deben seguirse los pasos 2.b y 2.c.

2.b. Liste los valores deducidos individuales en orden descendente.

2.c. Determine el “Número Máximo de Valores Deducidos” ( $m$ ), utilizando la Ecuación 3 (Vásquez, 2002) para carreteras pavimentadas:

$$m_i = 1 + \frac{9}{98} (100 - HDV_i) \quad (\text{Ecuación 3})$$

**Dónde:**

$m_i$ : Número máximo admisible de “valores deducidos, incluyendo la fracción para la unidad de muestreo ( $m_i \leq 10$ ).

$HDV_i$ : El mayor valor deducido individual para la unidad de muestreo  $i$ .

2.d. El número de valores individuales deducidos se reduce a  $m$ , inclusive la parte fraccionaria. Si se dispone de menos valores deducidos que  $m$  se utilizan los que se tengan.

**PASO 3:** *Determinación del máximo valor deducido corregido (CDV):*

Este paso se lo realiza mediante un proceso iterativo que se lo describe a continuación:

3.a. Determine el número de valores deducidos ( $q$ ) mayores que 2.

3.b. Determine del “valor deducido total” sumando todos los valores deducidos individuales.



3.c. Determine el CDV con el  $q$  y el “valor deducido total” en la curva de corrección, de acuerdo al tipo de pavimento.

3. d. Reduzca a 2 el menor de los valores deducidos individuales, que sea mayor a 2 y repita las etapas 3.a hasta 3.c. Este proceso se repite hasta que se cumpla la condición que “ $q$ ” sea igual a 1.

3.e. El “máximo CDV” es el mayor valor de los CDV obtenidos en el proceso de iteración indicado.

**PASO 4:** *Calculo del PCI,*

El PCI se obtiene restando el “máximo CDV” de 100 (Ecuación 4).

$$PCI = 100 - \text{máx. CDV} \quad (\text{Ecuación 4})$$

**Dónde:**

**PCI:** Índice de la Condición del Pavimento.

**Máx. CDV:** Máximo valor corregido deducido.

**3.3.1.7.2. Cálculo del PCI para pavimentos con Superficie de Concreto**

Con la finalidad de facilitar el entendimiento del cálculo del PCI, se ha descrito mediante los siguientes pasos:

**PASO 1:** *Determinación de los valores deducidos (VD):*

1.a. Contabilice el número de losas en las cuales se presenta cada combinación del tipo de daño y nivel de severidad en el formato en la Tabla 129, Anexo A.

1.b .Divida el número de losas contabilizadas en el paso anterior, entre el número de losas de la unidad y exprese el resultado en porcentaje. Esta es la “Densidad” por unidad de muestreo para cada combinación de tipo y severidad de daño.

1.c Determine los “valores deducidos” para cada combinación de tipo de daño y nivel de severidad empleando la curva “valor deducido para pavimentos de concreto”; las cuales están en el Anexo E.

**PASO 2:** *Determinación del número máximo admisible de valores deducidos (m):*



Se procede de la misma manera como lo establecido en vías con capa de rodadura asfáltica, descrita anteriormente.

### 3.3.1.8. EJEMPLO DE APLICACIÓN DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE

Para el ejemplo de aplicación del método PCI, se evalúa la vía F5 (Vía a Monay).

Longitud: 166 m

Ancho de carril: 9.50 m

#### 1. Longitud de la unidad de muestreo y número total de unidades de muestreo.

De acuerdo a la Tabla 3. para el ancho de carril de la vía F5, no presenta datos; por lo que se extrapola y encuentra que la longitud de la unidad de muestreo es de 24.20 m. Por lo que el número total de unidades de muestreo (N) es  $166/24.20=6.90$

#### 2. Determinación del número de unidades a ser inspeccionadas

N=1

$$n = \frac{N \times \sigma^2}{\frac{e^2}{4} \times (N - 1) + \sigma^2} = \frac{6.90 \times 0.1^2}{\frac{5^2}{4} \times (6.90 - 1) + 0.1^2} = 5.04$$

Las unidades de muestreo son 5.

#### 3. Selección de las unidades de muestreo

$$i = \frac{N}{n} = \frac{6.90}{5.04} = 1.36$$

Por lo que se inspecciona toda la vía, ya que el intervalo es cada una unidad de muestreo.



UNIVERSIDAD DE CUENCA																
EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI) CARRETERAS CON SUPERFICIE ASFÁLTICA																
ID de la vía: F5(Vía a Monay)	ESQUEMA: 															
Evaluated por: Becerra A. Sánchez P.																
Fecha: 31-oct-17																
Longitud: 166.00 m																
Ancho de Carril: 9.50 m																
TIPOS DE FALLAS																
1 Piel de cocodrilo. 2 Exudación. 3 Agrietamiento en bloque. 4 Abultamientos y hundimientos. 5 Corrugación. 6 Depresión. 7 Grieta de borde. 8 Grieta de reflexión de junta. 9 Desnivel carril / berma. 10 Grietas longitudinal y transversal.	11 Parcheo. 12 Pulimiento de agregados. 13 Huecos. 14 Cruce de vía férrea. 15 Ahuellamiento. 16 Desplazamiento. 17 Grieta parabólica (slippage). 18 Hinchamiento. 19 Desprendimiento de agregados.															
FALLAS EXISTENTES																
Falla	Severidad	Cantidades Parciales												Total	Densidad %	Valor Deducido
1	M	1.45X0.97												1.41	0.09	0
1	H	1.70X1.10	4.10X2.30											12.23	0.78	30.1
4	M	1.80X1.22												2.2	0.14	4.5
6	M	3.50X0.93												3.26	0.21	7.1
6	H	1.30X5.60												7.28	0.46	16.1
7	H	6.32	4.87											11.19	0.71	7.7
9	M	4.10												4.1	0.26	3.3
10	M	3.01	5.81											8.82	0.56	1.9
10	H	0.8												0.8	0.05	4.9
11	L	D=1.20	D=1.20											9.05	0.57	1.1
11	M	3.40X0.69												2.35	0.15	3.9
11	H	3.60X1.17	3.40X0.86	D=1.20										11.66	0.74	22.2
12		6.97X0.95												6.62	0.42	0
13	L	X2												2	0.13	2.8
13	M	x9												9	0.57	23
13	H	X32												32	2.03	64.7
19	L	3.83X0.93												3.56	0.23	0
19	M	1.60X3.89	2.20X0.47	7.71X1.60										19.59	1.24	0
19	H	1.33X1.20	1.80X2.31	2.94X5.63	1.90X9.80	4.40X0.65	12.5X1.02							56.54	3.59	5.5

Figura 19. Ejemplo de aplicación para el cálculo del PCI: Hoja de inspección.

**De acuerdo a este ejemplo, y de acuerdo a las demás vías, se obtuvo un intervalo de muestreo igual a 1 en todas las vías. Entonces se analizó la totalidad de la vía.**

#### 4. Cálculo del PCI

##### 4.1. Evaluación en campo y llenado del formato correspondiente

De acuerdo a la inspección visual se obtiene los tipos de deterioro con su respectiva severidad y el área afectada de cada uno de estos. Además la densidad total y los valores deducidos. Como se observa en la Figura 19.



CÁLCULO DE PCI													
#	Valores Deducidos										TOTAL	q	CDV
1	64.7	30.1	23.0	22.2	4.0	0.0	0.0	0.0			144	5	73
2	64.7	30.1	23.0	22.2	2.0	0.0	0.0	0.0			142	4	77
3	64.7	30.1	23.0	2.0	2.0	0.0	0.0	0.0			122	3	74
4	64.7	30.1	2.0	2.0	2.0	0.0	0.0	0.0			101	2	69
5	64.7	2.0	2.0	2.0	2.0	0.0	0.0	0.0			73	1	73
											Máx. CDV	77	

**Figura 20.** Ejemplo de aplicación para el cálculo del PCI: Calculo de máximo valor deducido corregido (CDV).

#### 4.2. Determinación del número máximo admisible de valores deducidos (m):

$$m_i = 1 + \frac{9}{98} (100 - HDV_i) = 1 + \frac{9}{98} (100 - 64.70) = 4.25$$

#### 4.3. Obtención del máximo valor deducido corregido

Después del proceso iterativo, se obtiene que el máximo "CDV"=77

#### 4.4. Calculo del PCI

$$PCI = 100 - \text{máx. CDV} = 100 - 77 = 33$$

CLASIFICACIÓN	<b>MUY MALO</b>
---------------	-----------------

### 3.3.2. WINDSHIELD PAVEMENT CONDITION

#### 3.3.2.1. INTRODUCCIÓN DEL MÉTODO WINDSHIELD

El método de Windshield Pavement Condition desarrollado por el Departamento de Transporte de Virginia (VDOT por sus siglas en inglés) describe la condición de los pavimentos de asfalto mediante una recopilación de datos para luego ser procesados y analizados, la información que proporciona este método puede ser utilizado para entender las variaciones de la condición del pavimento, misma información que se utiliza para presupuestar y priorizar las necesidades del mantenimiento del pavimento.



Este método de recolección de datos es un método denominado de parabrisas y mediante varios ensayos han determinado que esta tecnología para calificar a los pavimentos da resultados aceptables de una manera eficiente.

Para la determinación del índice de la condición del pavimento se realiza un inventario exhaustivo y técnico en el que se da a conocer el tipo de falla, severidad, definición, y el porcentaje de afectación en un área determinada. Y calificar el estado de la condición vial en el rango de 0 a 100, para pavimentos en estado muy pobre y excelentes respectivamente (VDOT, 2006).

La Tabla 4. presenta los rangos del Windshield Pavement Condition con la correspondiente calificación cualitativa de la condición del pavimento.

RANGO CCI	CLASIFICACIÓN
100-90	Excelente
89-70	Bueno
69-60	Regular
59-50	Pobre
49-0	Muy Pobre

**Tabla 4.** Rangos de clasificación del Windshield Pavement Condition (VDOT, 2006)

### **3.3.2.2. PROCEDIMIENTO DE EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO**

La primera etapa es la evaluación del pavimento en campo, donde se identifican los deterioros del mismo, identificando la clase, severidad y extensión de cada uno de ellos.

Por lo general la mayoría de decisiones de rehabilitación de los pavimentos se basan en ciertas consideraciones, las que más se han implementado han sido proporcionados por el personal de gestión de pavimentos VDOT, las consideraciones para evaluar al pavimento tomadas por los evaluadores de parabrisas se resume en la Tabla 5.



DETERIOROS	NIVELES DE SEVERIDAD	DEFINICIÓN	COMO CONTAR
Alligator Cracking <b><u>Piel de cocodrilo</u></b> <b><u>(incluye grietas selladas)</u></b>	No severo	Grieta longitudinal Grietas	Raro-menos del 10% del área de la vía
	Severo	Desprendimiento de grietas	Ocasional – 10 al 50 % del área de la vía
	Muy severo	interconectadas  Agrietamiento y Desprendimiento	Frecuente – sobre el 50 % del área de la vía
Transverse and Reflect Cracking <b><u>Grietas transversales y reflexión</u></b>	No severo	Grieta visible	Usar el conteo de grietas
	Severo	Grieta abierta	
	Muy severo	Desprendimiento y/o agrietamiento adyacente	
Rutting <b><u>Ahuellamiento</u></b>	Menos de 1/2 pulgada	Capacidad para estancarse el agua	Raro
	o		Extendido en la vía
	Mayor de ½ pulgada		
Patching <b><u>Parcheo</u></b>	Si ,No	Si – ciertos parches en la sección analizar	Menos del 10 % del área de la sección del pavimento analizada
		No – no hay parcheo en la sección analizar	Mayor del 10 % del área de la vía.

**Tabla 5.** Deterioros a considerar en la metodología Windshield.





### **3.3.2.3. PROCEDIMIENTO DE LA ENCUESTA DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO**

Para la recolección de datos se realiza llenando los espacios en blanco en el formato de la Tabla 88 que se encuentra en el Anexo A.

Se inspecciona la vía para medir el tipo, cantidad y severidad de los daños de acuerdo a la Tabla 5. y se registra la información en el formato correspondiente. Se debe conocer las definiciones y procedimiento de medida de daños. Se usa un formulario u “hoja de información de exploración de la condición” para cada vía y en los formatos cada región se usa para registrar un daño, su extensión y su nivel de severidad.

### **3.3.2.4. CÁLCULO DEL WINDSHIELD PAVEMENT CONDITION (CCI)**

La segunda etapa, luego de culminada la inspección en campo, consiste en el cálculo del índice de la condición del pavimento. Este cálculo consiste en “valores deducidos” de cada daño, severidad y extensión; registrado en campo. Los pasos se describe a continuación:

#### ***PASO 1: Determinación de los Valores Deducidos (VD):***

1.a. Totalice cada tipo y nivel de severidad de daño y regístrelo.

1.b. Divida la “Cantidad total” de cada tipo de daño, en cada nivel de severidad, entre el “área muestra” de la unidad de muestreo y exprese el resultado en porcentaje. Esta es la “densidad” del daño, con el nivel de severidad especificado, dentro de la unidad en estudio.

1.c. Determine el “Valor Deducido” para cada tipo de daño y su nivel de severidad mediante las curvas o tablas denominadas “valor deducido del daño”, que se encuentra en el Anexo F.

#### ***PASO 2: Determinación del LDR y NDR:***

#### **LDR (Load Deduct Rating)**

El LDR es un indicador el cual nos da a conocer la condición del pavimento debido a las **cargas de las ruedas** aplicadas al pavimento, EL LDR es proporcional al estado del pavimento es decir si el LDR disminuye la condición del pavimento también.



Un pavimento el cual este sometido a repetitivas cargas estará sujeto a una rápida disminución en LDR, por ellos el pavimento debe estar sometido a pruebas de extracción de muestras y materiales, pruebas FDW, análisis de tráfico para tratar de determinar el bajo rendimiento del pavimento.

Los deterioros que componen el cálculo del LDR son:

**Alligator cracking.-** la definición es la misma que se encuentra en el Manual del PCI para **piel de cocodrilo**. Además de los baches que se califica con severidad: muy severa.

**Patching.-** la definición es la misma que se encuentra en el Manual del PCI para **parcheo**.

**Rutting.-** la definición es la misma que se encuentra en el Manual del PCI para **ahuellamiento**.

El cálculo del LDR se realiza mediante la Ecuación 5. que utiliza los valores deducidos de cada falla antes mencionada para el cálculo del LDR.

$$\text{LDR} = 100 - \text{Deduct\_Alligator\_Crk} - \text{Deduct\_Rutting} - \text{Deduct\_Patching} \text{ (Ecuación 5)}$$

### **NDR (No-Load Deduct Rating)**

El NDR es un indicador el cual nos da a conocer la condición del pavimento debido a **factores ambientales** es decir cambios de temperatura, humedad en el pavimento a los largo de los años, también intervienen los factores climáticos como es la oxidación del concreto asfáltico. Estos factores ambientales por lo general no afectan a la estructura del pavimento es decir son superficiales y es más probable que su rehabilitación y mantenimiento sean menos drásticas a comparación de los factores afectadas por las cargas de la ruedas, las rehabilitaciones que se hacen cuando se ha producido este tipo de fenómenos en el pavimentos son: sellos de astilla, los sellos de lechada, y la superposiciones muy finas, gruesas o también si es de mayor gravedad se reconstruirá para superar las grietas de reflexión que a veces se producen.

Los deterioros que componen el cálculo del NDR son:

**Transverse cracking.-** la definición es la misma que se encuentra en el Manual del PCI para **grietas longitudinales y transversales**.

**Reflection cracking.-** la definición es la misma que se encuentra en el Manual del PCI para **grietas por reflexión**.

**Patching.-** la definición es la misma que se encuentra en el Manual del PCI para **parcheo**.



El cálculo del NDR se realiza mediante la Ecuación 6. que utiliza los valores deducidos de cada falla antes mencionada para el cálculo del LDR.

$$\text{NDR} = 100 - \text{Deduct Transverse or Reflection\_Crk} - \text{Deduct\_Patching (Ecuación 6)}$$

**PASO 4:** *Cálculo del Windshield Pavement Condition (CCI).*

$$\text{CCI} = \text{Menor valor entre LDR y NDR}$$

**Dónde:**

**CCI:** Critical Condition Index.

El índice de condición combina se define como el valor más bajo entre el LDR Y NDR, se usa como una medida para calificar el estado general de las condición del pavimento, este índice puede ser usado como una herramienta de programación prioritaria, pero es menos útil para procesos de optimización

### **3.3.2.5. EJEMPLO DE APLICACIÓN DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE**

Para el ese ejemplo de cálculo del CCI se analiza la vía F5 (Vía a Monay).

Longitud: 166 m

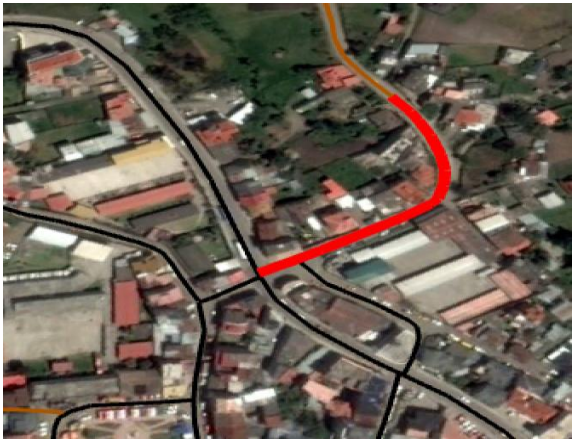
Ancho de carril: 9.50 m

#### **1. Calculo del CCI**

##### **1.1. Evaluación en campo y llenado del formato correspondiente**



De acuerdo a la inspección visual se obtiene los tipos de deterioro con su respectiva severidad y el área afectada de cada uno de estos. Además la densidad total y los valores deducidos. Como se observa en la Figura 21.

UNIVERSIDAD DE CUENCA		WINDSHIELD PAVEMENT RATING COLLECTION DATA FLEXIBLE PAVEMENT	
<b>ID de la vía:</b> F5 (Vía a Monay) <b>Evaluado por:</b> Sánchez P.- Becerra A. <b>Fecha:</b> 09-nov-17 <b>Longitud:</b> 166.00 m <b>Ancho de Carril:</b> 9.50 m		<b>ESQUEMA:</b> 	
TIPOS DE FALLAS			
Distress/Factor	Severity Levels	Definitions	How To Count
Alligator Cracking (Including sealed cracks)	Not Severe Severe Very Severe	Longitudinal Crack Interconnected Cracking w/o spalling Interconnected Cracking w/spalling	Rare - Less than 10% of pavement area Occasional - 10 to 50% of pavement area Frequent - Over 50% of pavement area
Reflection Cracking	Not Severe Severe Very Severe	Visible Crack Open Crack Spalled and/or adjacent cracking	Actual Crack Counts
Transverse Cracking (Non Reflection)	Not Severe Severe	Visible Crack Any Open Crack	Actual Crack Counts
Rutting	Less than 1/2 inch Or Greater than 1/2 inch	Consensus of Rating Team (Capable of ponding water)	Rare Or Widespread

Distress	Frequency	Severity	DV														
Alligator	<table border="1"> <tr> <td>None</td> <td>Rare</td> <td>Occasional</td> <td>Frequent</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>X</td> <td></td> </tr> </table>	None	Rare	Occasional	Frequent			X		<table border="1"> <tr> <td>NS</td> <td>S</td> <td>VS</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>X</td> </tr> </table>	NS	S	VS			X	62
None	Rare	Occasional	Frequent														
		X															
NS	S	VS															
		X															
Transverse (BIT)	<table border="1"> <tr> <td>Crack Count</td> </tr> <tr> <td>X</td> </tr> </table>	Crack Count	X	<table border="1"> <tr> <td>NS</td> <td>S</td> </tr> <tr> <td>X</td> <td></td> </tr> </table>	NS	S	X		15								
Crack Count																	
X																	
NS	S																
X																	
Reflection (BOJ)	<table border="1"> <tr> <td>Crack Count</td> </tr> <tr> <td></td> </tr> </table>	Crack Count		<table border="1"> <tr> <td>NS</td> <td>S</td> <td>VS</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	NS	S	VS										
Crack Count																	
NS	S	VS															
Rutting	<table border="1"> <tr> <td>None</td> <td>Rare</td> <td>Widespread</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	None	Rare	Widespread				<table border="1"> <tr> <td>≤1/2"</td> <td>&gt;1/2"</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> </tr> </table>	≤1/2"	>1/2"							
None	Rare	Widespread															
≤1/2"	>1/2"																
Patches	<table border="1"> <tr> <td>None</td> <td>Yes</td> </tr> <tr> <td></td> <td>X</td> </tr> </table>	None	Yes		X	<table border="1"> <tr> <td>≤10%</td> <td>&gt;10%</td> </tr> <tr> <td>X</td> <td></td> </tr> </table>	≤10%	>10%	X		12						
None	Yes																
	X																
≤10%	>10%																
X																	

Figura 21. Ejemplo de aplicación para el cálculo del CCI: Hoja de inspección.

## 1.2. Calculo del LDR y NDR

LDR=100-DeductAlligatorCrk-DeductRutting-DeductPatching	LDR=	26
NDR=100-DeductTransverse or Reflection-DeductPatching	NDR=	73

Figura 22. Ejemplo de aplicación para el cálculo del CCI: Calculo del LDR y NDR.



### 1.3. Calculo del CCI

$$CCI = 26$$

CLASIFICACIÓN	MUY POBRE
---------------	-----------

### 3.3.3. FORMULARIO DE ACREDITACIÓN VIAL DEL MINISTERIO DE TRANSPORTE Y OBRAS PÚBLICAS

#### 3.3.3.1. INTRODUCCIÓN DEL MÉTODO DEL MTOP

En la actualidad, las metodologías de evaluación de carreteras de una manera apropiada es un tema de suma importancia que deber ser prioridad en las políticas de cada estado con el fin de dar un buen servicio en las redes viales, ya que tener una buena evaluación de las carreteras significa un ahorro de los recursos públicos, ya que el desarrollo económico y social de un país va a depender de una red en perfecto estado.

El Manual de Acreditación Vial MTOP es un sistema de evaluación de carreteras desarrollado por el Ministerio de transporte y Obras Públicas del Ecuador, en función de la condiciones de trazado, operatividad, señalización, estética y funcionalidad de sus estructuras, factores que influyen de manera directa en la condición de una red vial, el sistema de evaluación será representada por un número que varía entre 0 y 100, esto quiere decir que cuanto mayor sea el valor, mayor será el grado de confort proporcionado a los usuarios (MTOP, 2012).

La Tabla 6. presenta los rangos del formulario del MTOP con la correspondiente calificación cualitativa de la condición del pavimento.

RANGO	CLASIFICACIÓN
100	Excelente
99-90	Muy Buena
89-80	Buena
79-60	Regular
59-0	Mala

**Tabla 6.** Rangos de clasificación del formulario de Acreditación Vial del MTOP (MTOP, 2012).



### **3.3.3.2. PROCEDIMIENTO DE EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO**

La etapa inicial es la evaluación de la vía en campo, donde se identifican las condiciones de trazado, operatividad, señalización, estética y funcionalidad de sus estructuras.

La evaluación en campo consiste de las siguientes etapas:

- Inspección del pavimento
- Atribución de conceptos
- Análisis de la base de datos
- Calificación

#### **3.3.3.2.1. Inspección del pavimento**

Los tramos de la red de pavimentos a evaluar deberá ser inspeccionados por 2 evaluadores individualmente, cada uno de ellos deberá usar un vehículo de uso común realizando las siguientes actividades.

- Recorrer cada tramo de la red de pavimentos dos veces, el primer recorrido con velocidad reducida para visualizar de una manera detallada las calles y el segundo recorrido con velocidad próxima permitida de la vía en esta segunda parte se evaluará las condiciones e confort, seguridad y flujo de tráfico.
- Utilizar la ficha de campo para cada tramo del pavimento.
- Al final de la evaluación de cada tramo, asignar una calificación al pavimento, de acuerdo con la escala de valoración.
- Mantener la evaluación en reserva, en relación al otro evaluador.

#### **3.3.3.2.2. Atribución de conceptos**

Los conceptos de las vías inspeccionadas estarán en función de las calificaciones dadas por los evaluadores en el caso que no haya consenso, el concepto corresponderá a la media aritmética de las dos calificaciones.

En esta etapa los evaluadores se deberán reunir para lo siguiente:

- Discutir las calificaciones dadas a cada tramo de la red de pavimentos.
- Dar opiniones sobre las condiciones funcionales y estructurales de la red analizada.



### **3.3.3.2.3. Análisis de la base de datos**

Los evaluadores deberán recoger información histórica de la red de pavimentos analizar, dicha información será:

- Datos del proyecto
- Datos de la construcción
- Datos de operación
- Datos de reparación y refuerzos

### **3.3.3.2.4. Calificación**

Los evaluadores emitirán la calificación de la vía la cual debe constar:

- Parecer sobre la condición general de la estructura y su funcionamiento.
- Concepto atribuido al pavimento.
- Probables causas de los defectos observados
- Señalamiento de las zonas que requieren atención especial
- Las fichas de evaluación.
- Las firmas de responsabilidad y la fecha.

### **3.3.3.2.5. Disposiciones finales**

- El trabajo de campo se realizara bajo condiciones climáticas favorables
- Las personas que van hacer la evaluación deberán ser conscientes del propósito de la evaluación y experiencia del análisis de evaluación de pavimentos.

### **3.3.3.3. *DEFINICIÓN DE LOS ELEMENTOS DEL MANUAL DE ACREDITACIÓN VIAL MTOP***

Los elementos de la vía que analiza este método son:

- CARACTERÍSTICAS DE LA VÍA
- OPERATIVIDAD
- SEÑALIZACIÓN
- ESTÉTICA
- ESTRUCTURAS VIALES

### 3.3.3.3.1. Características de la vía

La comodidad de los usuarios al momento de transitar por las carreteras va a depender en gran parte del trazado geométrico de la vía, por lo que al momento de evaluar las características geométricas se tomará en cuenta los siguientes parámetros:

CARACTERÍSTICAS DE ACUERDO A LA NORMA	PUNTAJE	
Características del trazado	ADECUADO	3
	INADECUADO	0
Ancho de carriles	CUMPLE	4
	NO CUMPLE	0
Ancho del espaldón	CUMPLE	4
	NO CUMPLE	0
Ancho de las cunetas	CUMPLE	4
	NO CUMPLE	0
Posee banquetas	SI	3
	NO	0
Estado del pavimento (PCI)	EXCELENTE	12
	MUY BUENO	10
	BUENO	8
	REGULAR	6
	MALO	4
	MUY MALO	2
	FALLADO	0

**Tabla 7.** Evaluación de las Características de la Vía (MTOP, 2012).

### 3.3.3.3.2. Operatividad

Se define como operatividad de una vía a la relación entre su movilidad y accesibilidad, el sistema de evaluación será el siguiente:

CARACTERÍSTICAS	PUNTAJE	
Nivel de Servicio	ADECUADO	2





(L.O.S)	INADECIADO	0
Espaciamiento de los accesos	EXISTE	2
	NO EXISTE	0
Tipo de cruzamiento	CUMPLE	2
	NO CUMPLE	0
Control de accesos	SI	2
	NO	0
Zonas de parqueo laterales	SI	2
	NO	0
Seguridad general	ALTA	2
	MEDIA	1
	BAJA	0
Facilidad de Cruce de los peatones	BUENAS	2
	REGULARES	1
	MALAS	0

**Tabla 8.** Evaluación de las Operatividad de la Vía (MTOP, 2012).

### 3.3.3.3. Señalización

La señalización de una vía es una parte sumamente importante en cuanto a la seguridad y control del tránsito vehicular, su mensaje debe ser claro y consistente, en cuanto a su diseño y ubicación debe concordar con el diseño de la vía, en cuanto su retroreflectividad debe ser la adecuada con la finalidad de que existe una correcta visualización de las señales.

ELEMENTOS	PUNTAJE		
Franjas blancas	$250 \geq R \geq 150 \text{ mcd/lux-m}^2$	BUENO	2
	$150 > R \geq 100 \text{ mcd/lux-m}^2$	REGULAR	1
	$R > 100 \text{ mcd/lux-m}^2$	MALO	0
Franjas amarillas	$200 \geq R \geq 150 \text{ mcd/lux-m}^2$	BUENO	2
	$150 > R \geq 80 \text{ mcd/lux-m}^2$	REGULAR	1
	$R > 80 \text{ mcd/lux-m}^2$	MALO	0
Tachas lente blanco	$R \geq 279 \text{ mcd/lux}$	BUENO	2
	$279 > R \geq 112 \text{ mcd/lux}$	REGULAR	1



	R > 112 mcd/lux	MALO	0
Tachas lente amarillo	R ≥ 167 mcd/lux	BUENO	2
	167 > R ≥ 67 mcd/lux	REGULAR	1
	R > 67 mcd/lux	MALO	0
Tachas lente rojo	R ≥ 70 mcd/lux	BUENO	2
	70 > R ≥ 28 mcd/lux	REGULAR	1
	R > 28 mcd/lux	MALO	0
Sistemas Reductor de Velocidad -BTA's- Bandas sonoras laterales	TOTAL DE ACUERDO A LA NORMA		2
	PARCIAL DE ACUERDO A LA NORMA		1
	NO EXISTE		0

**Tabla 9.** Evaluación de la Señalización Horizontal de la Vía (MTOP, 2012).

CARACTERÍSTICAS	PUNTAJE	
Barreras de seguridad	BUENO	2
	REGULAR	1
	MALO	0
Señales temporales (Trabajos)	EXISTEN DE ACUERDO A LA NORMA	2
	EXISTEN FUERA DE NORMA O NO EXISTE	0
Pórticos	EXISTEN DE ACUERDO A LA NORMA	2
	EXISTEN FUERA DE NORMA O NO EXISTE	0
Banderolas	EXISTEN DE ACUERDO A LA NORMA	2
	EXISTEN FUERA DE NORMA O NO EXISTE	0
Postes de kilometraje (/km y /10 km)	EXISTEN DE ACUERDO A LA NORMA	2
	EXISTEN FUERA DE NORMA O NO EXISTE	0

**Tabla 10.** Evaluación de la Señalización Vertical de la Vía (MTOP, 2012).

#### 3.3.3.3.4. Estética

Los administradores viales tienen como obligación inspeccionar que las vías tengan un cuidado, control y embellecimiento aceptable ya que ayuda a que la circulación de los usuarios sea confortable y placentera.

CARACTERÍSTICAS	PUNTAJE	
Limpio de malezas	SI	3
	NO	0



Invadido	SI	3
	NO	0
Ubicación de Cerramientos	CUMPLE CON LA LEY	3
	NO CUMPLE	0
Contaminación visual	SI	3
	NO	0
Sin escombros	SI	2
	NO	0

**Tabla 11.** Evaluación Estética de la Vía (MTOP, 2012).

### 3.3.3.3.5. Estructuras viales

El estado y conservación de las estructuras viales son vitales para que la circulación vehicular se realice sin interferencias y sobresaltos.

CARACTERÍSTICAS	PUNTAJE	
Estado de puentes	EXCELENTE	3
	BUENO	2
	REGULAR	1
Estaciones de servicio	SI	3
	NO	0
Pasos peatonales	SI	3
	NO	0
Zonas de Descanso	SI	3
	NO	0

**Tabla 12.** Evaluación de las Estructuras Viales (MTOP, 2012).

### 3.3.3.4. PROCEDIMIENTO DE LA ENCUESTA DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO

Para la recolección de datos se realiza llenando los espacios en blanco en el formato de la Tabla 102 que se encuentra en el Anexo A.

Se inspecciona la vía para evaluar los parámetros mencionados en el numeral 3.2.3.3. y se registra la información en el formato correspondiente. Se debe conocer las definiciones y



procedimiento de medida que se encuentra en el Manual de Acreditación Vial del MTOP para cada vía.

### **3.3.3.5. CÁLCULO DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DE LA VÍA**

La segunda etapa, luego de culminada la inspección en campo, consiste en el cálculo del índice de la condición de la vía. Para esto se realiza la suma de los parámetros: Sección transversal /30, Operatividad /14, Señalización /29, Derecho de Vía /15 y Estructuras viales /12. La suma de todos los parámetros es igual a 100.

Entonces el índice de la condición de la vía es igual a la suma total de la evaluación realizada en campo de los parámetros

### **3.3.3.6. EJEMPLO DE APLICACIÓN DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE**

En la Figura 23. se observa la calificación de cada uno de los parámetros (Sección transversal, Operatividad, Señalización, Derecho de Vía y Estructuras viales) y al final la calificación sobre 100, que este es el índice del estado de la vía.




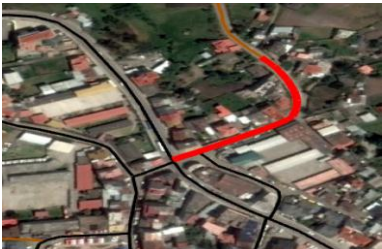
		UNIVERSIDA DE CUENCA	
MANUAL DE ACREDITACION VIAL MTOP			
ID de la vía:	F5(Via Monay)	<b>ESQUEMA:</b> 	
Evaluado por:	Sánchez P.- Becerra A.		
Fecha:	20-nov-17		
Longitud:	166.00 m		
Ancho de Carril:	9.50 m		
<b>ELEMENTOS A EVALUAR</b>  SECCION TRASVERSAL (CLASE DE LA VIA) OPERATIVIDAD SEÑALIZACION DERECHO DE VIA ESTRUCTURAS VIALES			
<b>ELEMENTOS</b>	<b>PUNTAJE</b>	<b>CONDICIÓN EVALUADA</b>	<b>CALIFICACIÓN</b>
		<b>NORMA</b>	<b>ESTADO</b>
<b>SECCIÓN TRANSVERSAL (CLASE DE LA VÍA)</b>	<b>30</b>		<b>9</b>
Características del Trazado	3	MANUAL DE DISEÑO GEOMÉTRICO DE CARRETERAS 2010-MTC	3
Ancho Carriles	4	MANUAL DE ACREDITACIÓN DE CARRETERAS 2010-MTC	4
Ancho Espaldón	4	MANUAL DE DISEÑO GEOMÉTRICO DE CARRETERAS 2010-MTC	0
Ancho Cuneta	4	MANUAL DE ACREDITACIÓN DE CARRETERAS 2010-MTC	0
Posee Banquinas	3	MANUAL DE ACREDITACIÓN DE CARRETERAS 2010-MTC	0
Estado del Pavimento (PCI)	12	STANDARD PRACTICE FOR ROADS PCI-ASTM0643-11	2
<b>OPERATIVIDAD</b>	<b>14</b>		<b>10</b>
Nivel de Servicio	2	MANUAL DE ACREDITACIÓN DE CARRETERAS 2010-MTC	2
Control de Accesos	2	NORMAS DE ESTUDIOS Y DISEÑOS VIALES-VOL. 2-NEVI	2
Espaciamento de los Accesos	2	NORMAS DE ESTUDIOS Y DISEÑOS VIALES-VOL. 2-NEVI	2
Tipo de Cruzamiento	2	NORMAS DE ESTUDIOS Y DISEÑOS VIALES-VOL. 2-NEVI	0
Zonas de Parqueo Laterales	2	MANUAL DE ACREDITACIÓN DE CARRETERAS 2010-MTC	0
Seguridad General	2	MANUAL DE ACREDITACIÓN DE CARRETERAS 2010-MTC	2
Facilidades de Cruce de Peatones	2	MANUAL DE ACREDITACIÓN DE CARRETERAS 2010-MTC	2
<b>SEÑALIZACIÓN (CUMPLIMIENTO NORMAS)</b>	<b>29</b>		<b>2</b>
<b>HORIZONTAL</b>			
Franjas laterales	2	DEMARCADORES RETROREFLECTIVOS-NTH INEN 2-289	0
Franjas centrales	2	DEMARCADORES RETROREFLECTIVOS-NTH INEN 2-289	0
Tachas laterales	2	DEMARCADORES RETROREFLECTIVOS-NTH INEN 2-289	0
Tacha centrales	2	DEMARCADORES RETROREFLECTIVOS-NTH INEN 2-289	0
Sistema reductor de velocidad - BTA's	2	MANUAL DE ACREDITACIÓN DE CARRETERAS 2010-MTC	0
<b>VERTICAL</b>			
Regulatorias (obligatorias)	2	STANDARD SPECIFICATION FOR RETROREFLECTIVE SH	2
Preventivas (advertencia)	2	STANDARD SPECIFICATION FOR RETROREFLECTIVE SH	0
Informativas	2	STANDARD SPECIFICATION FOR RETROREFLECTIVE SH	0
Delineadores (Balizas)	2	STANDARD SPECIFICATION FOR RETROREFLECTIVE SH	0
Chevrones	2	STANDARD SPECIFICATION FOR RETROREFLECTIVE SH	0
Barreras de seguridad	2	STANDARD SPECIFICATION FOR RETROREFLECTIVE SH	0
Trabajo (temporales)	2	STANDARD SPECIFICATION FOR RETROREFLECTIVE SH	0
Pórticos	2	STANDARD SPECIFICATION FOR RETROREFLECTIVE SH	0
Banderolas	2	STANDARD SPECIFICATION FOR RETROREFLECTIVE SH	0
Postes de kilometraje (/km y /10 km)	1	STANDARD SPECIFICATION FOR RETROREFLECTIVE SH	0
<b>DERECHO DE VÍA</b>	<b>15</b>		<b>6</b>
Limpio de malezas	3	MANUAL DE ACREDITACIÓN DE CARRETERAS 2010-MTC	0
Invasión	3	MANUAL DE ACREDITACIÓN DE CARRETERAS 2010-MTC	3
Ubicación de cerramientos	3	MANUAL DE ACREDITACIÓN DE CARRETERAS 2010-MTC	3
Contaminación visual	3	MANUAL DE ACREDITACIÓN DE CARRETERAS 2010-MTC	0
Sin escombros	3	MANUAL DE ACREDITACIÓN DE CARRETERAS 2010-MTC	0
<b>ESTRUCTURAS VIALES</b>	<b>12</b>		<b>3</b>
Estado de puentes	3	MANUAL DE ACREDITACIÓN DE CARRETERAS 2010-MTC	0
Estaciones de servicio	3	MANUAL DE ACREDITACIÓN DE CARRETERAS 2010-MTC	0
Pasos peatonales	3	MANUAL DE ACREDITACIÓN DE CARRETERAS 2010-MTC	3
Zonas de descanso	3	MANUAL DE ACREDITACIÓN DE CARRETERAS 2010-MTC	0
<b>TOTAL =</b>	<b>100</b>		<b>30</b>
<b>RESULTADO DE LA EVALUACIÓN</b>	<b>30</b>	<b>CALIFICACIÓN</b>	<b><u>MALA</u></b>

Figura 23. Ejemplo de aplicación para el cálculo del índice MTOP.

$$I \text{ INDICE DEL ESTADO DE LA VIA} = 30$$

CALIFICACIÓN	<b><u>MALA</u></b>
--------------	--------------------



### 3.4. METODOLOGÍAS DE CÁLCULO DEL ÍNDICE DE LA CONDICIÓN EN VÍAS NO PAVIMENTADAS

#### 3.4.1. ÍNDICE DE CONDICIÓN DE VÍAS SIN CAPA DE RODADURA (URCI)

##### 3.4.1.1. INTRODUCCIÓN DEL MÉTODO URCI

Este método de evaluación de vías no pavimentadas fue publicado el año 1995 por U.S ARMY, y publicado en el manual TM 5–626 Unsurfaced Road Maintenance Management (Vásquez, 2015), el cual propone un sistema de gestión de mantenimiento, tomando en cuenta que los fondos de mantenimiento para este tipo de carreteras son limitados este sistema de gestión debe proponer un económico, uniforme y satisfactorio mantenimiento de área no pavimentada, dando este análisis como resultado los requerimientos y prioridades que necesitan este tipo de vías.

El URCI se determina mediante mediciones de la dificultad de la superficie para conducir un vehículo tomando en cuenta dos factores importantes la comodidad y seguridad del usuario, este ha sido ensayado en campo y ha sido muy efectivo para determinar las necesidades que tienen las carreteras no pavimentadas.

Tiene un índice numérico de 0 a 100 e indica las condiciones de operación que se encuentra la carretera.

El URCI se determina mediante la medición de los defectos de la superficie de la vía, es un método eficiente para determinar el tipo de mantenimiento que se le debería realizar a la infraestructura rural no pavimentada y de ahí tomar decisiones que se ajusten a las limitaciones en cuanto a lo económico – operacional (Cárdenas, 2012).

La Tabla 13. Presenta los rangos del URCI con la correspondiente calificación cualitativa de la condición de la superficie de las vías no pavimentadas.

**Tabla 13.** Rangos de clasificación

RANGO	CLASIFICACIÓN
100-85	Excelente
85-70	Muy Bueno
70-55	Bueno
55-40	Regular

del URCI (Cárdenas, 2012).



**DE  
CONDICIÓN DEL**

40-25	Pobre
25-10	Muy Pobre
10-0	Fallado

**3.4.1.2. PROCEDIMIENTO  
EVALUACIÓN DE LA  
PAVIMENTO**

La primera etapa es la evaluación de la superficie sin pavimentar en campo, donde se identifican los deterioros del mismo, identificando la clase, severidad y extensión.

En las vías sin pavimentar de acuerdo al método del CCI hay 7 fallas según el manual TM 5–626:

1. Sección transversal incorrecta
2. Drenaje inadecuado en el borde de carretera
3. Corrugaciones
4. Polvo
5. Baches
6. Ahuellamientos
7. Agregado suelto

Cada tipo de falla tiene su descripción, severidad y medida. Además cada severidad consta con el registro fotográfico para la fácil identificación.

Cada tipo de deterioro se encuentra en el Anexo H.

**3.4.1.3. DIVISIÓN EN SECCIONES DE VÍAS SIN CAPA DE RODADURA**

En la Tabla 14. se presentan las relaciones de acuerdo al ancho de la calzada.

El area de la unidad de inspeccion debe estar en el rango  $230 \pm 93 \text{ m}^2$ .

ANCHO DE CALZADA (m)	LONGITUD EXACTA DE LA SECCIÓN DE MUESTREO (m)	LONGITUD SUGERIDA DE LA SECCIÓN DE MUESTREO (m)
5.00	46.00	50.00
5.50	41.80	40.00
6.00	38.30	40.00
6.50	35.40	40.00
7.30 (máx.)	31.50	30.00

**Tabla 14.** Longitudes de unidades de muestreo para vías no pavimentadas (Vásquez, 2015).

**3.4.1.4. DETERMINACIÓN DE LAS UNIDADES DE MUESTREO**

El criterio para seleccionar las unidades de inspección es el siguiente (Vásquez, 2015):



- Se debe tratar de escoger una unidad que sea representativa de toda la sección, por ejemplo, si hay problemas de drenaje se debe seleccionar una unidad que represente dicha condición.
- Si una porción reducida de la sección presenta graves problemas, es mejor estudiarlos dentro de una unidad de inspección especial y no incluir su URCl en la evaluación del promedio de la sección.
- En general, se requiere solo dos unidades de inspección por kilómetro y, si la vía tiene menos de 800 metros de longitud, basta con una sola unidad.

#### **3.4.1.5. PROCEDIMIENTO DE LA ENCUESTA DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO**

Primero se realiza la división en las unidades de muestra, luego se procede al llenando de los espacios en blanco en el formato de la Tabla 141 en el Anexo A.

Debe seguirse estrictamente la definición de los daños descritos en el Anexo I (Manual de Daños de la Evaluación de la Condición de una Vía Sin Capa de Rodadura) esto con el fin de obtener un URCl confiable.

Se analiza una unidad de muestreo para medir el tipo, cantidad y severidad de los daños de acuerdo al Manual de Daños, registrando la información en el formato que corresponda. Se debe seguir con criterio las definiciones y procedimiento de medida de daños. Se usa un formulario u “hoja de información de exploración de la condición” para cada unidad de muestreo y en los formatos cada región se usa para registrar un daño, su extensión y su nivel de severidad.

#### **3.4.1.6. CÁLCULO DEL URCl DE LAS UNIDADES DE MUESTREO**

La segunda etapa, luego de culminada la inspección en campo, consiste en el cálculo del URCl de la unidades de muestreo. Este cálculo consiste en “valores deducidos” de cada daño, severidad y extensión; registrado en campo.

Con la finalidad de facilitar el entendimiento del cálculo del PCI, se ha descrito mediante diversos pasos:

**PASO 1:** *Determinación de los Valores Deducidos (VD):*





1.a. Totalice cada tipo y nivel de severidad de daño y regístrelo en la columna de “Total” del Tabla 141 Anexo A. El daño puede medirse en área, longitud o por su número según sea el tipo.

1.b. Divida la “Cantidad total” de cada tipo de daño, en cada nivel de severidad, entre el “área muestra” de la unidad de muestreo y exprese el resultado en porcentaje. Esta es la “densidad” del daño, con el nivel de severidad especificado, dentro de la unidad en estudio.

1.c. Determine el “Valor Deducido” para cada tipo de daño y su nivel de severidad mediante las curvas o tablas denominadas “valor deducido del daño”, que se encuentra en el Anexo I; de acuerdo con el tipo de pavimento inspeccionado.

**PASO 2:** *Cálculo del número máximo admisible de valores deducibles ( $m_i$ ) para el cálculo del URCl de la unidad de inspección.*

2.a. Si ninguno o solo uno de los “valores deducidos” es mayor que 5, es decir hay pocos daños y son de baja severidad, sume todos los valores deducibles y reste dicho valor de 100. El valor obtenido es el URCl de la unidad de inspección.

2.b. En caso contrario, es decir, si dos o más valores deducibles son mayores que 5 se debe ordenar los valores deducibles de mayor a menos, luego determinar el número máximo de valores deducibles con la Ecuación 7.

$$m_i = 1 + \frac{9}{95} (100 - HDV_i) \quad (\text{Ecuación 7})$$

**Dónde:**

$m_i$ : Número máximo admisible de “valores deducidos.”

$HDV_i$ : El mayor valor deducido individual para la unidad de muestreo  $i$ .

**PASO 3:** *Calculo del URCl,*

3. a. Determine el número de valores deducibles mayores que cinco. Este valor es “q”.

3. b. Determine el valor deducible total (TDV) sumando TODOS los valores deducibles.

3.c. Determine el URCl con el “q” y el valor deducible total en la curva de corrección para vías sin capa de rodadura (Anexo I)



3. d. Reduzca a 5 el menor de los valores deducibles que sea mayor que 5 y repita las etapas 3.a. a 3.c. hasta que “q” sea igual a 1.

3.e. El URCl es el menor valor obtenido en del proceso 3.a. a 3.d.

#### **3.4.1.7. EJEMPLO DE APLICACIÓN**

Para el ejemplo de aplicación del método URCl, se evalúa la vía L1 (Vía a Monay).

Longitud: 542.00 m

Ancho de carril: 8.50 m

##### **1. Longitud de la unidad de muestreo.**

De acuerdo a la Tabla... para el ancho de carril de la vía L1, no presenta datos; por lo que se extrapola y encuentra que la longitud de la unidad de muestreo es de 25.30 m.

**La longitud de la unidad de inspección en todas las vías evaluadas es de 50.00 m**

##### **2. Calculo del PCI**

###### **2.1. Evaluación en campo y llenado del formato correspondiente**

De acuerdo a la inspección visual se obtiene los tipos de deterioro con su respectiva severidad y el área afectada de cada uno de estos. Además la densidad total, como se observa en la Figura 24.

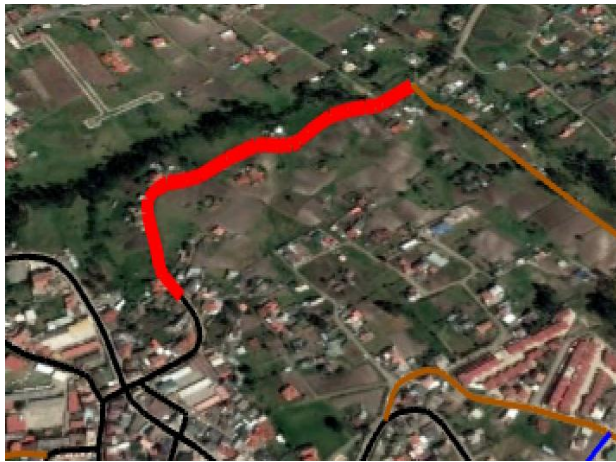
UNIVERSIDAD DE CUENCA							
HOJA DE INSPECCION UNSURFACE ROADS CONDITION INDEX (URCI)							
ID de la vía:	L1 (Vía a Monay)						
Evaluated por:	Becerra A.- Sánchez P.						
Fecha:	12-nov-17						
Longitud:	542.00 m						
Ancho de Carril:	8.80 m						
Area de la muestra:	50.00x8.80=440.00 m2						
TIPOS DE FALLAS							
81 SECCION TRANSVERSAL INCORRECTA (m) 82 DRENAJE INADECUADO EN EL BORDE DE LA CARRETERA (m) 83 CORRUGACIONES (m2) 84 POLVO 85 BACHES (Número) 86 SURCOS (m2) 87 AGREGADO SUELTO (m)							
ESQUEMA:							
							
CANTIDAD Y SEVERIDAD DE FALLA							
TIPO	81	82	83	84	85	86	87
L			50		29		100
M		50		X	18		
H							

Figura 24. Ejemplo de aplicación para el cálculo del URCI: Hoja de inspección.

## 2.2. Obtención del URCI para diferentes valores de “q”

CÁLCULO DE URCI									
TIPO DE FALLA	SEVERIDAD	SEVERIDAD	VALOR DEDUCIBLE	VALOR DEDUCIBLE				TOTAL VD	URCI
82	11.36	M	9.00	13	10.5	9	9	41.5	80
83	11.36	L	9.00	13	10.5	9	5	37.5	78
84	-	M	4.00	13	10.5	5	5	33.5	76
85	2.04	L	5.00	13	5	5	5	28	72
85	4.09	M	13.00						
87	22.7	L	10.50						

Figura 25. Ejemplo de aplicación para el cálculo del CCI: Calculo del URCI.

Después del proceso iterativo, se obtiene que el menor valor del URCI es 72.

$$URCI = 72$$

CLASIFICACIÓN=
<b>MUY BUENA</b>



### 3.4.2. PASER MANUAL GRAVEL ROADS

#### 3.4.2.1. INTRODUCCIÓN DEL MÉTODO PASER

Es una metodología netamente para caminos de grava o afirmados, desarrollado por la Universidad de Wisconsin, que utiliza un relevamiento visual de los defectos para compararlas con las fotografías detalladas en este manual, con ciertas características de dimensiones especificadas, para el grado de daño en que se encuentra. Este manual no posee un inventario de condición, pero si especifica hacer uno para un buen relevamiento de fallas. En conclusión esta metodología es de gran ayuda para visualizar las fallas encontradas en la vía y relacionarlas con fotografías encontradas en este manual, de esta manera el relevamiento de las fallas es objetivo, ya que además toma medidas para el tratamiento de condición general de los defectos encontrados en la vía (Cárdenas, 2012).

La Tabla 15. Presenta la calificación del PASER con la correspondiente clasificación de la vía no pavimentada.

RANGO	CLASIFICACIÓN
5	Excelente
4	Bueno
3	Justa (Regular)
2	Pobre
1	Fallado

**Tabla 15.** Clasificación Paser (Cárdenas, 2012).

#### 3.4.2.2. PROCEDIMIENTO DE EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO

La primera etapa es la evaluación de la superficie sin pavimentar en campo, donde se identifican los deterioros del mismo, identificando la clase y clasificación.

En las vías sin pavimentar de acuerdo al método Paser considera 7 fallas:

1. Corona (Bombeo)
2. Capa de grava
3. Ondulaciones
4. Roderas o ahuellamientos
5. Baches
6. Polvo
7. Drenaje



Cada tipo de deterioro tiene su descripción y clasificación. Además consta con el registro fotográfico para la fácil identificación.

Cada tipo de deterioro se encuentra en el Anexo I.

### 3.4.2.3. PROCEDIMIENTO DE LA ENCUESTA DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO

Primero se procede al llenando de los espacios en blanco en el formato de la Tabla 133 en el Anexo A.

Debe seguirse estrictamente la definición de los daños descritos en el Anexo J (Paser Manual-Gravel Roads) esto con el fin de obtener un valor de la condición de la vía confiable.

Se debe conocer y seguir estrictamente las definiciones y procedimiento de medida de daños.

Se usa un formulario u “hoja de información de exploración de la condición” para cada unidad de muestreo y en los formatos cada región se usa para registrar un daño y clasificación del daño.

### 3.4.2.4. CÁLCULO DE LA CONDICIÓN DE LA VIA SIN CAPA DE RODADURA

La segunda etapa, luego de culminada la inspección en campo, consiste en el cálculo de la condición de la vía.

Este método analiza de acuerdo a la Tabla 16. y de acuerdo a los criterios obtenidos de los diferentes deterioros califica la condición de la vía.

CLASIFICACIÓN	DETERIORO VISIBLE
<b>5</b> <b>EXCELENTE</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Ningún daño</li><li>• Polvo controlado</li><li>• Tránsito excelente</li></ul>
<b>4</b> <b>BUENO</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Polvo bajo condiciones secas</li><li>• Agregado suelto moderado</li><li>• Ondulaciones leves</li><li>• Bombeo bueno</li><li>• Drenaje bueno en toda la ruta</li></ul>
<b>3</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Buen bombeo de 3" (7.62 cm) - 6" (15.24 cm)</li><li>• Zanjas adecuadas en más del 50% de camino</li><li>• Capa de grava adecuada, pero presentar en algunas zonas ondulaciones y agujeros</li></ul>



<b>JUSTA</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Ondulaciones moderadas</li><li>• Polvo moderado, obstrucción parcial de la visión</li><li>• Ahuellamientos leves</li><li>• Agujeros menores a 2" (5.08 cm) de profundidad</li><li>• Agregado suelto (2" de profundidad)</li></ul>
<b>2 POBRE</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Poco o nada de bombeo</li><li>• Zanjas adecuadas en menos del 50% del camino</li><li>• El 25%del área tiene poco agregado</li><li>• Alcantarillas parcialmente en ruinas</li><li>• Ondulaciones moderadas a severas, mayor a 3"de profundidad, sobre 10%-25% del área total.</li><li>• Ahuellamientos moderados, 1"- 3" de profundidad, sobre 10%-25% del área total.</li><li>• Agujeros moderados, 2"- 4" de profundidad, sobre 10%-25% del área total.</li><li>• Agregado suelto severo, mayor de 4" (10.16 cm) de profundidad</li></ul>
<b>1 FALLADO</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• No hay bombeo en el camino</li><li>• Alcantarillas dañadas</li><li>• Ahuellamiento severo, mayor de 3# de profundidad y en más del 25% del área.</li><li>• Agujeros severos, mayores a 4" de profundidad y en más del 25 % del área</li><li>• Áreas con poco o ningún agregado</li></ul>

**Tabla 16.** Criterios para la evaluación y calificación de la vía.

### 3.4.2.5. EJEMPLO DE APLICACIÓN

Para el ejemplo de aplicación del método Paser, se evalúa la vía L1 (Vía a Monay).

Longitud: 542.00 m

Ancho de carril: 8.50 m

#### 1. Cálculo del índice de la condición de la vía no pavimentada

##### 1.1. Evaluación en campo y llenado del formato correspondiente



De acuerdo a la inspección visual se obtiene los tipos de deterioro y su clasificación, como se observa en la Figura 26.

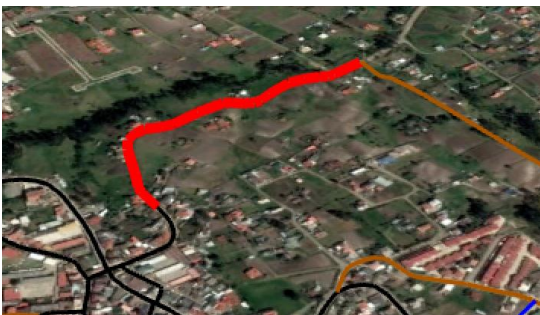
UNIVERSIDAD DE CUENCA																																																	
HOJA DE INSPECCIÓN PASER MANUAL- CARRETERAS DE GRAVA																																																	
<b>ID de la vía:</b> L1 (Vía a Monay) <b>Evaluated por:</b> Becerra A.- Sánchez P. <b>Fecha:</b> 19-dic-17 <b>Longitud:</b> 542.00 m <b>Ancho de Carril:</b> 8.80 m																																																	
<b>TIPOS DE FALLAS</b> 1. CORONA (BOMBEO) 2. CAPA DE GRAVA 3. DEFORMACIONES SUPERFICIALES 3.1. ONDULACIONES 3.2. RODERAS (AHUELLAMIENTOS) 3.3. BACHES 4. POLVO 5. DRENAJE	<b>CLASIFICACIÓN</b> 5. EXCELENTE 4. BUENO 3. REGULAR 2. POBRE 1. FALLADO																																																
<b>ESQUEMA:</b> 																																																	
<b>CANTIDAD Y SEVERIDAD DE FALLA</b>																																																	
<b>TIPO</b> <b>CLASIFICACIÓN</b>	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3.1</th> <th>3.2</th> <th>3.3</th> <th>4</th> <th>5</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>5</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>X</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>X</td> <td></td> <td>X</td> <td></td> <td></td> <td>X</td> <td>X</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td></td> <td>X</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>2</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>1</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>X</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		1	2	3.1	3.2	3.3	4	5	5				X				4	X		X			X	X	3		X						2								1					X		
	1	2	3.1	3.2	3.3	4	5																																										
5				X																																													
4	X		X			X	X																																										
3		X																																															
2																																																	
1					X																																												

Figura 26. Ejemplo de aplicación método Paser: Hoja de inspección.

## 1.2. Obtención del Índice de la condición de la superficie sin capa de rodadura

5	4	3	2	1
Ningun daño	Polvo (4)	X	Bombeo (3)	Bombeo (2)
Polvo controlado	Ondulaciones	X	Zanjas adecuadas >50%	Zanjas adecuadas ≤50%
Tránsito excelente	Agregado suelto moderado	X	Capa de grava, con algunas zonas con ondulaciones, baches y	El 25% del área tiene poco agregado
	Bombeo (4)	X	Ondulaciones (3)	Drenaje (2)
	Drenaje (4)	X	Polvo (3)	Ondulaciones (2)
		Ahuellamiento (4)	Ahuellamientos (3)	
		Baches (4)	Baches (3)	
		Agregado suelto ≤4 <sup>pt.</sup>	Agregado suelto >4 <sup>pt.</sup>	
		Drenaje (3)	Polvo (2)	

Figura 27. Ejemplo de aplicación método Paser: Cálculo del Índice de la condición de la superficie.

De acuerdo a la los deterioros visibles que se encuentran en la vía L1, de acuerdo a la Figura27. la calificación es 4.

$$INDICE PASER = 4$$

CALIFICACIÓN
<b>BUENA</b>



### 3.4.3. OPTIMIZACIÓN DE LA RED VIAL

Para la optimización de la red de pavimentos se utiliza el programa EVALUACIÓN DE PAVIMENTOS RÍGIDOS Y FLEXIBLES, desarrollado por Peñaloza Steven y Calle Gina.

#### 3.4.3.1. PARÁMETROS CONSIDERADOS EN LAS VÍAS PAVIMENTADAS

Para la optimización de la red vial pavimentada se analiza con matrices de Markov que utiliza un valor llamado “RESULTADO FINAL COMPUESTO”, el cual depende de los índices de evaluación de las metodologías antes mencionadas y de otros parámetros que se ingresan en el programa, en este trabajo de titulación se utiliza los siguientes parámetros:

➤ **Puntuación de expertos**

De acuerdo a siete calificaciones:

CALIFICACIÓN	PUNTUACIÓN
Excelente	100
Muy Bueno	85
Bueno	70
Regular	55
Pobre	40
Muy Pobre	25
Fallado	10

**Tabla 17.** Puntuación de acuerdo a expertos.

➤ **Importancia**

Está relacionado con la ubicación y función al que sirve la vía. Se califica de acuerdo:

CALIFICACIÓN	PUNTUACIÓN
Normal	Índice Evaluación por 1.20
Importante	Índice Evaluación por 1.00
Muy Importante	Índice Evaluación por 0.8

**Tabla 18.** Puntuación de acuerdo a la importancia de la vía.

➤ **Uso**





Depende del grado de concurrencia vehicular. Se califica de acuerdo a:

CALIFICACIÓN	PUNTUACIÓN
Normal	Índice Evaluación por 1.20
Concurrido	Índice Evaluación por 1.00
Muy Concurrido	Índice Evaluación por 0.8

**Tabla 19.** Puntuación de acuerdo al uso de la vía.

➤ **Opinión del usuario**

Depende de las quejas y críticas de los usuarios. Se califica de acuerdo a:

CALIFICACIÓN	PUNTUACIÓN
Positiva	Índice Evaluación por 1.20
Neutra	Índice Evaluación por 1.00
Negativa	Índice Evaluación por 0.8

**Tabla 20.** Puntuación de acuerdo a la opinión del usuario de la vía.

**De acuerdo al valor de RESULTADO FINAL COMPUESTO se establece un nuevo rango de calificaciones para el análisis y el tratamiento que necesita. Se presenta en la Tabla 21.**

RESULTADO FINAL COMPUESTO	CALIFICACIÓN	TRATAMIENTO
> 85	Excelente	Mant. Preventivo
85-74	Muy Bueno	Mant. Correctivo
74-57	Bueno	Recapeo
57-39	Regular	Rehabilitación
≤ 39	Malo	Reconstrucción

**Tabla 21.** Rango de calificación y tratamiento para el valor de Resultado final compuesto (Jugo, 2005)

### 3.4.3.2. MATRICES DE PROBABILIDAD DE TRANSICIÓN DE MARKOV

De acuerdo al programa para los diferentes tipos de intervenciones en los pavimentos y sin ninguna intervención, las matrices de probabilidad de Markov poseen los siguientes valores basados en criterios técnicos de la Illinois Center for Transportation y con modificaciones propias de los autores de este trabajo de titulación:

CONDICIÓN	MANTENIMIENTO PREVENTIVO				
	EXCELENTE	MUY BUENO	BUENO	REGULAR	POBRE
EXCELENTE	96%	4%			
MUY BUENO		93%	6%	1%	
BUENO			85%	13%	2%
REGULAR				80%	20%
POBRE					100%

**Figura 28.** Matriz de probabilidad de transición del pavimento – Mantenimiento Preventivo.

CONDICIÓN	MANTENIMIENTO CORRECTIVO				
	EXCELENTE	MUY BUENO	BUENO	REGULAR	POBRE
EXCELENTE	95%	4%	1%		
MUY BUENO	100%				
BUENO			85%	12%	3%
REGULAR	10%			80%	10%
POBRE					100%

**Figura 29.** Matriz de probabilidad de transición del pavimento – Mantenimiento Correctivo.

CONDICIÓN	RECAPEO				
	EXCELENTE	MUY BUENO	BUENO	REGULAR	POBRE
EXCELENTE	95%	4%	1%		
MUY BUENO		90%	8%	2%	
BUENO	70%		17%	10%	3%
REGULAR	10%			80%	10%
POBRE	0%				100%

**Figura 30.** Matriz de probabilidad de transición del pavimento – Recapeo.

CONDICIÓN	REHABILITACIÓN				
	EXCELENTE	MUY BUENO	BUENO	REGULAR	POBRE
EXCELENTE	95%	4%	1%		
MUY BUENO		90%	8%	2%	
BUENO		5%	80%	12%	3%
REGULAR	60%			10%	30%
POBRE		20%			80%

**Figura 31.** Matriz de probabilidad de transición del pavimento – Rehabilitación.

CONDICIÓN	RECONSTRUCCIÓN				
	EXCELENTE	MUY BUENO	BUENO	REGULAR	POBRE
EXCELENTE	95%	4%	1%	0%	0%
MUY BUENO	0%	90%	8%	2%	0%
BUENO	0%	5%	80%	12%	3%
REGULAR	20%	0%	0%	70%	10%
POBRE	50%	0%	0%	0%	50%

**Figura 32.** Matriz de probabilidad de transición del pavimento – Reconstrucción.

CONDICIÓN	SIN INTERVENCIÓN				
	EXCELENTE	MUY BUENO	BUENO	REGULAR	POBRE
EXCELENTE	85%	6%	5%	3%	1%
MUY BUENO	0%	72%	15%	8%	5%
BUENO	0%	0%	64%	20%	16%
REGULAR	0%	0%	0%	95%	5%
POBRE	0%	0%	0%	0%	100%

**Figura 33.** Matriz de probabilidad de transición del pavimento – Sin Intervención.

El cálculo se de las matrices considera:

1. Para el año actual se calcula que porcentaje de pavimentos están en un estado: excelente, muy bueno, bueno, regular y pobre; esto dividiendo la suma de las áreas de cada estado para la suma de las áreas de todos los estados.
2. Para el análisis de los años venideros se debe sumar el resultado de cada producto del porcentaje de cada estado del año anterior por el porcentaje que le corresponde para ese estado según la acción elegida, que previamente fue impuesta en la matriz del estado de probabilidad del pavimento.

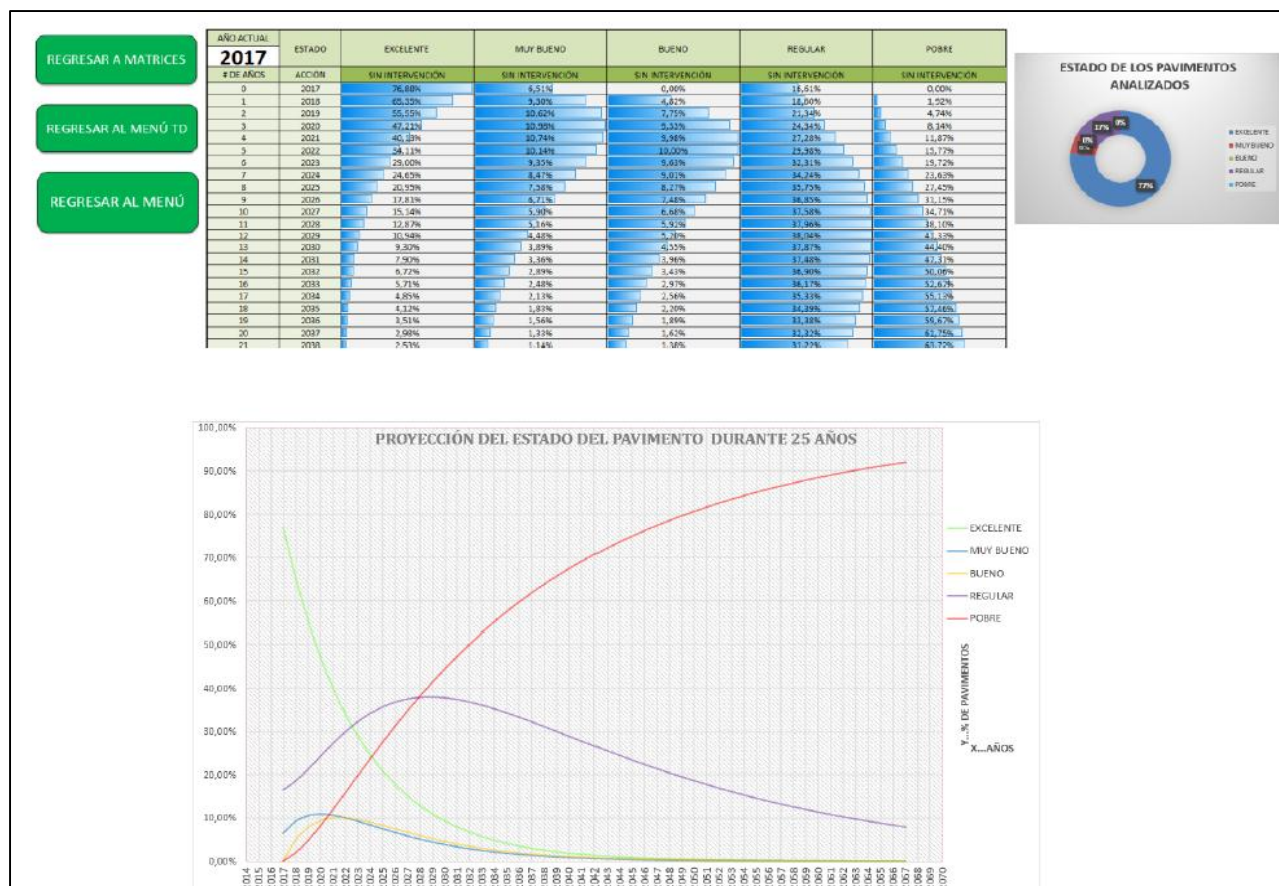


Figura 34. Ejemplo de resultados del análisis Markov.

### 3.4.4. PRIORIZACIÓN EN LA INTERVENCIÓN DE LA RED VIAL

De acuerdo al valor de RESULTADO FINAL COMPUESTO se prioriza la vía en orden creciente, es decir los pavimentos en mal estado son los que primero se intervienen, se prioriza la intervención en los valores más bajo.

### 3.4.5. JERARQUIZACIÓN DE LA RED VIAL

Para la jerarquización se utiliza los costos reales de cada intervención, y de acuerdo a la priorización de la intervención de los pavimentos se jerarquiza cada vía, teniendo en cuenta el RESULTADO FINAL COMPUESTO que esta ponderado con la evaluación de otros datos (Opinión del experto, Uso, Importancia y Opinión del Usuario).

Luego se compara con el presupuesto que maneja el GAD de El Valle para el 2018.

## CAPÍTULO 4. RESULTADOS Y DISCUSIONES

### 4.1. EVALUACIÓN Y APLICACIÓN DE LOS MÉTODOS PARA LA EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN DE LA SUPERFICIE

#### 4.1.1. VÍAS PAVIMENTO FLEXIBLE

##### 4.1.1.1. MÉTODO PCI

La aplicación de la metodología visual, PCI, para la evaluación de la condición de la superficie de vías pavimentadas en la red vial de El Valle da como resultado una condición muy variada para las diferentes vías evaluadas, existen pavimentos flexibles malos, como en excelentes condiciones.

Este método como se explicó anteriormente se basa en la inspección visual y presenta un manual muy completo que sirve como guía para obtener resultados confiables y sirve netamente para la evaluación superficial del pavimento, por lo que las calificaciones están dentro de rango coherentes que permiten establecer el estado real de la vía y posteriormente analizar las alternativas de rehabilitación y/o mantenimiento.

El método del PCI sirve únicamente para la evaluación de la condición del pavimento.

En la Tabla 22. se puede observar con detalle la calificación para cada vía según la metodología PCI.

**Tabla 22.** Clasificación de la red

En la Tabla 23 y Figura porcentaje del área total cada vía) que se calificación de la red de

ID Vía	PCI	
	Valor PCI	Clasificación
F1	82	Muy Bueno
F2	29	Pobre
F3	38	Pobre
F4	48	Regular
F5	23	Muy Pobre
F6	33	Pobre
F7	43	Regular
F8	69	Bueno
F9	31	Pobre
F10	12	Muy Pobre

vial: Metodología PCI – El Valle.

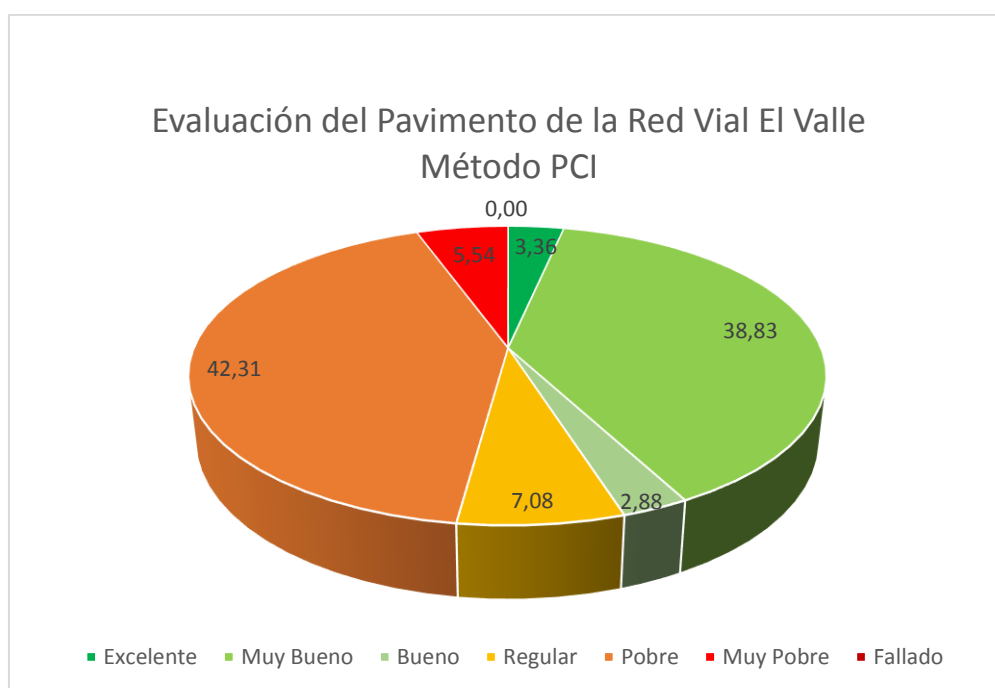
35. se muestra el (suma longitud x ancho de encuentra en cada pavimentos de El Valle.

F11	68	Bueno
F12	72	Muy Bueno
F13	100	Excelente

Calificación	Área (m2)	Porcentaje %
Excelente	1242.00	3.36
Muy Bueno	14357.00	38.83
Bueno	1065.14	2.88
Regular	2616.00	7.08
Pobre	15642.57	42.31
Muy Pobre	2048.06	5.54
Fallado	0.00	0.00
<b>TOTAL</b>	<b>36970.77</b>	<b>100.00</b>

**Tabla 23.** Porcentaje del área total de la red de pavimento: Metodología PCI – El Valle.



**Figura 35.** Porcentaje del área total de la red de pavimento: Metodología PCI: Metodología PCI – El Valle.

#### 4.1.1.2. MÉTODO WINDSHIELD PAVEMENT CONDITION INDEX

La evaluación al igual que el PCI, deja calificaciones muy variadas para las diferentes vías de la red de El Valle. La metodología es muy similar a la del PCI, pero sirve únicamente para pavimentos con superficie asfáltica, se debe a que el formato y el manual de fallas presentan los deterioros solo para este tipo de pavimentos.



Las calificaciones están dentro de rango coherentes que permites establecer el estado real y confiable en el que se encuentra la vía.

Los tipos de deterioros que se analiza en el método Windshield son muy pocos con relación a los analizados con el PCI. Y al igual que el PCI, sirve únicamente para la evaluación de la condición del pavimento.

En la Tabla 24. se puede observar con detalle la calificación para cada vía según la metodología Windshield.

ID Vía	Windshield	
	Valor Windshield	Clasificación
F1	89	Bueno
F2	27	Muy Pobre
F3	44	Muy Pobre
F4	54	Pobre
F5	26	Muy Pobre
F6	27	Muy Pobre
F7	50	Pobre
F8	72	Bueno
F9	40	Muy Pobre
F10	23	Muy Pobre
F11	78	Bueno
F12	84	Bueno
F13	96	Excelente

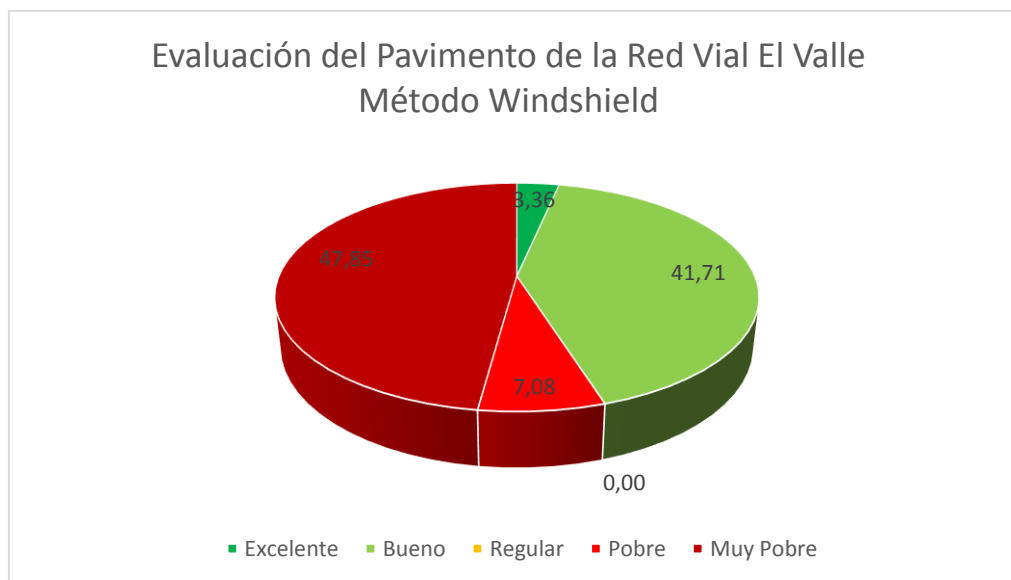
**Tabla 24.** Clasificación de la red vial: Metodología Windshield – El Valle.

En la Tabla 25. y Figura 36. se muestra el porcentaje del área total (suma longitud x ancho de cada vía) que se encuentra en cada calificación de la red de pavimentos de El Valle.

Calificación	Área (m2)	Porcentaje %
Excelente	1242.00	3.36
Bueno	15422.14	41.71
Regular	0.00	0.00
Pobre	2616.00	7.08

Muy Pobre	17690.63	47.85
<b>TOTAL</b>	<b>36970.77</b>	<b>100.00</b>

**Tabla 25.** Porcentaje del área total de la red de pavimento: Metodología Windshield – El Valle.



**Figura 36.** Porcentaje del área total de la red de pavimento: Metodología Windshield – El Valle.

#### 4.1.1.3. MÉTODO ACREDITACIÓN VIAL DEL MTOP

El método de evaluación del MTOP, permite determinar que el rango de calificaciones para las diferentes vías no es muy variado, y la mayoría de vías se encuentran en mal estado. Esto se debe a que la evaluación de este método, no se basa únicamente en la evaluación de la superficie del pavimento, sino que además presenta otros elementos de la vía, como señalización, estética y estructuras viales. Por lo tanto los resultados van a variar de los obtenidos por el PCI y Windshield.

En la Tabla 26. se puede observar con detalle la calificación para cada vía según la metodología del MTOP.



**Tabla 26.** Clasificación de la red

En la Tabla 27. y Figura 37. área total (suma longitud x encuentra en cada pavimentos de El Valle.

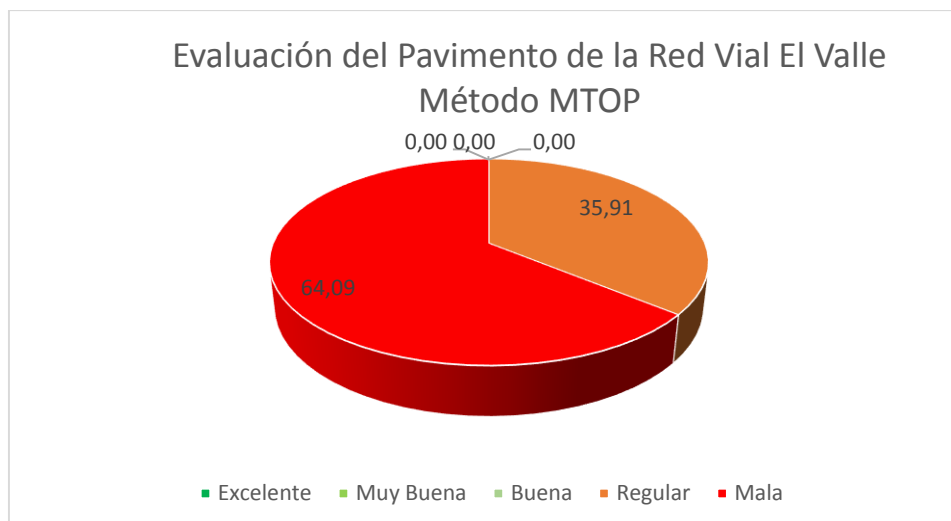
ID Vía	MTOP	
	Valor MTOP	Clasificación
F1	66	Regular
F2	25	Mala
F3	28	Mala
F4	20	Mala
F5	30	Mala
F6	45	Mala
F7	42	Mala
F8	46	Mala
F9	41	Mala
F10	15	Mala
F11	45	Mala
F12	46	Mala
F13	48	Mala

vial: Metodología MTOP – El Valle.

se muestra el porcentaje del ancho de cada vía) que se calificación de la red de

Calificación	Área (m2)	Porcentaje %
OPExcelente	0.00	0.00
Muy Buena	0.00	0.00
Buena	0.00	0.00
Regular	13277.00	35.91
Mala	23693.77	64.09
<b>TOTAL</b>	<b>36970.77</b>	<b>100.00</b>

**Tabla 27.** Porcentaje del área total de la red de pavimento: Metodología MTOP – El Valle.



**Figura 37.** Porcentaje del área total de la red de pavimento: Metodología MTOP – El Valle.

## 4.1.2. VÍAS PAVIMENTO RÍGIDO

### 4.1.2.1. MÉTODO PCI

En la Tabla 28. se puede observar con detalle la calificación para cada vía según la metodología PCI.

ID Vía	PCI	
	Valor PCI	Clasificación
R1	79	Muy Bueno
R2	50	Regular

**Tabla 28.** Clasificación de la red vial: Metodología PCI – El Valle.

### 4.1.2.2. MÉTODO MTOP

En la Tabla 29. se puede observar con detalle la calificación para cada vía según la metodología del MTOP.

ID Vía	MTOP	
	Valor MTOP	Clasificación
R1	28	Mala
R2	46	Mala

**Tabla 29.** Clasificación de la red vial: Metodología MTOP – El Valle.



### 4.1.3. VÍAS NO PAVIMENTADAS

#### 4.1.3.1. MÉTODO URCI

La aplicación de la metodología visual, URCI, para la evaluación de la condición de la superficie de vías no pavimentadas en la red vial de El Valle da como resultado una condición muy uniforme para las diferentes vías evaluadas.

Este método como se explicó anteriormente se basa en la inspección visual y presenta un manual muy completo que sirve como guía para obtener resultados confiables y sirve netamente para la evaluación superficial de la vías no pavimentadas, por lo que las calificaciones están dentro de rango coherentes que permiten establecer el estado real de la vía sin capa de rodadura y posteriormente analizar las alternativas de rehabilitación y/o mantenimiento.

El método del URCI sirve únicamente para la evaluación de la condición de la superficie.

En la Tabla 30. se puede observar con detalle la calificación para cada vía según la metodología URCI.

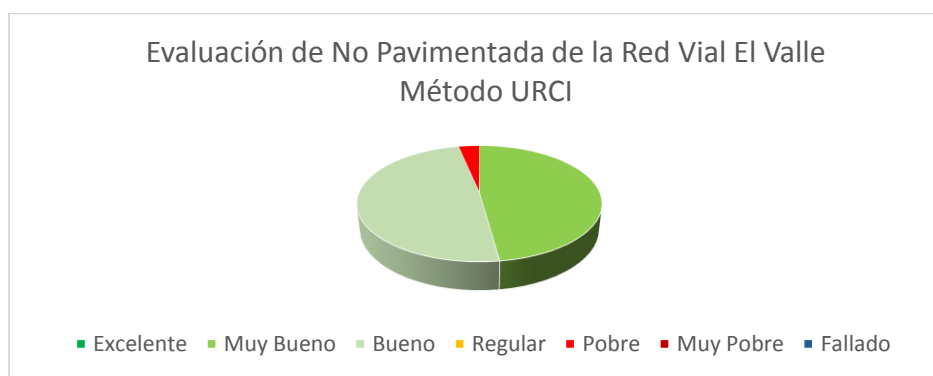
ID Vía	URCI	
	Valor URCI	Clasificación
L1	72	Muy Buena
L2	68	Buena
L3	81	Muy Buena
L4	67	Buena
L5	73	Muy Buena
L6	67	Buena
L7	76	Muy Buena
L8	38	Pobre

**Tabla 30.** Clasificación de la red vial no pavimentada: Metodología URCI – El Valle.

En la Tabla 31. y Figura 38. se muestra el porcentaje del área total (suma longitud x ancho de cada vía) que se encuentra en cada calificación de la red vial no pavimentada de El Valle.

Calificación	Área (m2)	Porcentaje %
Excelente	0.00	0.00
Muy Bueno	8654.10	47.80
Bueno	8852.50	48.90
Regular	0.00	0.00
Pobre	598.00	3.30
Muy Pobre	0.00	0.00
Fallado	0.00	0.00
<b>TOTAL</b>	<b>18104.60</b>	<b>100.00</b>

**Tabla 31.** Porcentaje del área total de la red no pavimentada: Metodología URCI – El Valle.



**Figura 38.** Porcentaje del área total de la red no pavimentada: Metodología URCI – El Valle.

#### 4.1.3.2. MÉTODO PASER

La aplicación de la metodología visual, Paser, para la evaluación de la condición de la superficie de vías no pavimentadas en la red vial de El Valle da como resultado, al igual que el método URCI una condición muy uniforme para las diferentes vías evaluadas.

Este método también presenta un manual que indica los diferentes tipos de deterioros y la severidad, pero a diferencia del método URCI, este no se basa en valores deducidos para calcular la calificación del estado de la vía, sino que en la mayor cantidad de fallas que están en cada una de las calificaciones.

El método del URCI sirve únicamente para la evaluación de la condición de la superficie.

En la Tabla 32. se puede observar con detalle la calificación para cada vía según la metodología Paser.

ID Vía	Paser	
	Valor Paser	Clasificación
L1	4	Buena
L2	4	Buena
L3	4	Buena
L4	4	Buena
L5	4	Buena
L6	4	Buena
L7	3	Justa
L8	2	Pobre

**Tabla 32.** Clasificación de la red vial no pavimentada: Metodología PASER – El Valle.

En la Tabla 33. y Figura 39. se muestra el porcentaje del área total (suma longitud x ancho de cada vía) que se encuentra en cada calificación de la red vial no pavimentada de El Valle.

Calificación	Área (m2)	Porcentaje
		%
Excelente	0	0.00
Bueno	16566.10	91.50
Justa	940.50	5.19
Pobre	598.00	3.30
Fallado	0	0.00
<b>TOTAL</b>	<b>18104.60</b>	<b>100.00</b>

**Tabla 33.** Porcentaje del área total de la red no pavimentada: Metodología PASER – El Valle.



**Figura 39.** Porcentaje del área total de la red no pavimentada: Metodología PASER – El Valle.



## 4.2. COMPARACIÓN DE LOS MÉTODOS PARA LA EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN DE LA SUPERFICIE

### 4.2.1. PAVIMENTO FLEXIBLE

#### 4.2.1.1. CALIFICACIONES MEDIANTE EL MÉTODO PCI, WINDSHIELD Y MTOP

ID Vía	PCI		Windshield		MTOP	
	Valor PCI	Clasificación	Valor Windshield	Clasificación	Valor MTOP	Clasificación
F1	82	Muy Bueno	89	Bueno	66	Regular
F2	29	Pobre	27	Muy Pobre	25	Mala
F3	38	Pobre	44	Muy Pobre	28	Mala
F4	48	Regular	54	Pobre	20	Mala
F5	23	Muy Pobre	26	Muy Pobre	30	Mala
F6	33	Pobre	27	Muy Pobre	45	Mala
F7	43	Regular	50	Pobre	42	Mala
F8	69	Bueno	72	Bueno	46	Mala
F9	31	Pobre	40	Muy Pobre	41	Mala
F10	12	Muy Pobre	23	Muy Pobre	15	Mala
F11	68	Bueno	78	Bueno	45	Mala
F12	72	Muy Bueno	84	Bueno	46	Mala
F13	100	Excelente	96	Excelente	48	Mala

**Tabla 34.** Calificación Pavimento Flexible: Tres métodos – El Valle.

En la Tabla 34. se muestra las diferentes calificaciones para cada vía de acuerdo a cada método. Como se observa las calificaciones del PCI y Windshield son parecidas, ya que se encuentran en los mismos rangos de calificación, mientras que la calificación del MTOP varia porque este método no solo evalúa la condición del pavimento si no los otros elementos expuestos en 3.3.3.3.

**4.2.1.2. ELEMENTOS DE CALIFICACIÓN**

De acuerdo al análisis individual de los métodos de los literales 4.1.1.1. al 4.1.1.3 se observa que los métodos del PCI y Windshield analizan únicamente la condición del pavimento, mientras que el formulario de acreditación vial del MTOP, analiza otros elementos.

En la Tabla 35. se muestra los tipos de deterioro que cada uno de los métodos considera para el análisis respectivo de cada índice.

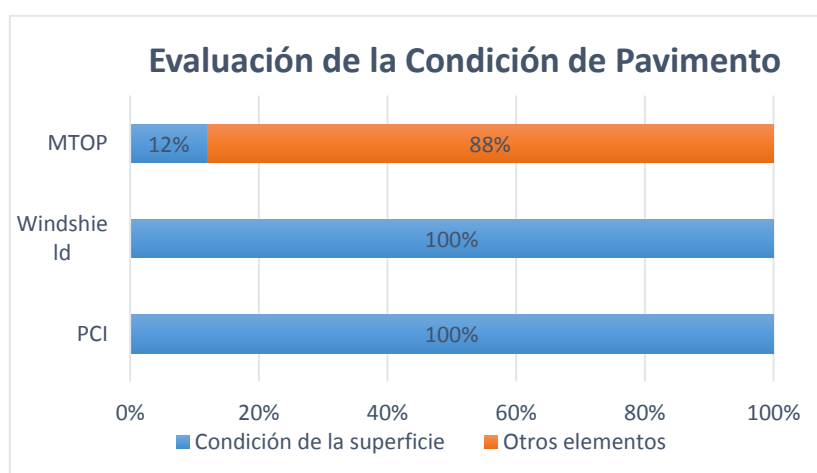
<b><i>Tipo de deterioro</i></b>	<b>PCI</b>	<b>Windshield</b>	<b>MTOP</b>
Piel de cocodrilo	x	x	x
Sangrado	x		x
Agrietamiento en bloque	x		x
Abultamientos y hundimientos	x		x
Corrugación u ondulaciones	x		x
Depresiones	x		x
Agrietamiento de borde	x		x
Agrietamiento por reflexión	x	x	x
Desprendimiento de borde	x		x
Agrietamiento longitudinal y transversal	x	x	x
Bacheo	x		x
Agregado pulido	x		x
Baches	x	x	x
Cruce de rieles de tren	x		x
Ahuellamiento	x	x	x
Empuje	x		x
Agrietamiento por deslizamiento	x		x
Hinchamiento	x		x
Deshilachamiento	x		x



Meteorización	x		x
---------------	---	--	---

**Tabla 35.** Tipos de Fallas que analiza cada método – Pavimentos Flexible.

Se observa en la Tabla 35. que el método PCI y del MTOP evalúa 20 diferentes tipos de deterioros y, el método Windshield evalúa 5 tipos de deterioros. También que el método PCI y MTOP evalúan el mismo número de fallas, pero el resultado del índice final son muy diferentes, esto se debe al porcentaje que cada método da la evaluación superficie la de la condición del pavimento esto se observa en la Figura 40.



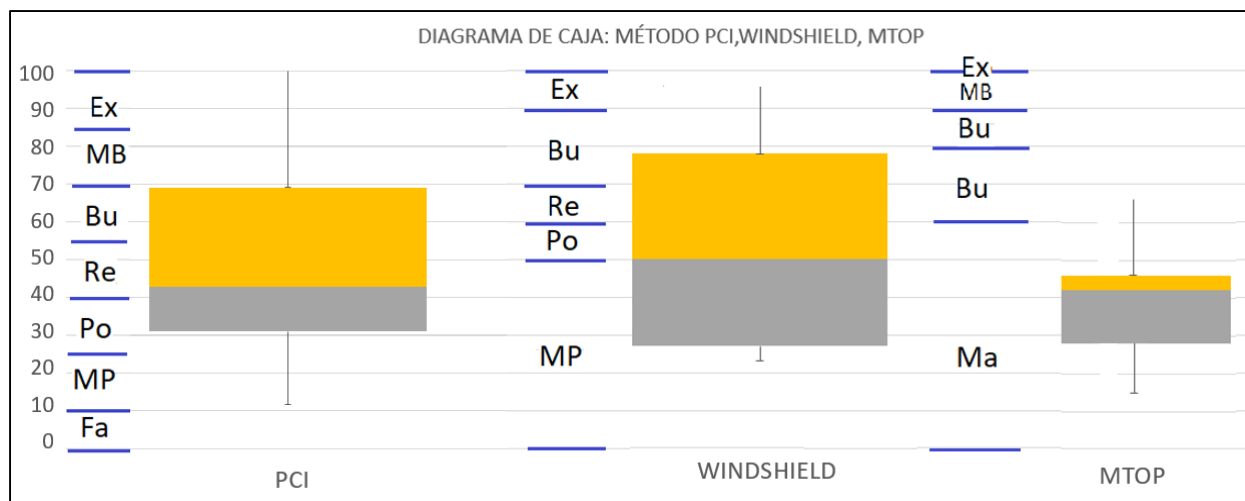
**Figura 40.** Porcentaje de Evaluación de la condición del pavimento de cada método.

De acuerdo a la Figura 40 el PCI y el Windshield son métodos exclusivos para la evaluación de la condición del pavimento, mientras que en el Formulario de Acreditación Vial del MTOP, solo el 12% del índice corresponde a la evaluación de la condición del pavimento.

#### **4.2.1.3. VARIABILIDAD DE LA CONDICIÓN DE LOS PAVIMENTOS**

En la Figura 41. se observa la desviación de la calificación de la red de pavimentos de El Valle para los tres métodos.





**Figura 41.** Diagrama de caja y bigotes para calificación de pavimentos flexibles: Tres métodos – El Valle.

De acuerdo a la figura 41. Se nota que:

#### Método PCI:

- La mediana de los datos se encuentra en un valor aproximado de 40, que corresponde a la calificación de REGULAR.
- La mayor parte de la red vial se encuentra en estado REGULAR a BUENO.
- Una menor parte de las vías se encuentra en estado POBRE.
- La desviación de los datos es alta, encontrándose pavimentos con índice máximo 100 y mínimo 12.

#### Método Windshield

- La mediana de los datos se encuentra en un valor aproximado de 50, que corresponde a la calificación de POBRE.
- Un poco más de la mitad de la red vial se encuentra en estado POBRE a BUENO.
- Un poco menos de la mitad de las vías se encuentra en estado MUY POBRE.
- La desviación de los datos es alta, con pavimentos con índice máximo de 96 y mínimo de 23.

#### Método MTOP

- La mediana de los datos se encuentra en un valor aproximado de 40, que corresponde a la calificación de MALA.
- Casi la totalidad de la red de vial se encuentra en condición MALA.
- La desviación de los datos es corta, con pavimentos con calificación máxima de 66 y mínima de 15.



#### 4.2.2. PAVIMENTO RÍGIDO MEDIANTE

##### 4.2.2.1. CALIFICACIONES MEDIANTE EL MÉTODO PCI, WINDSHIELD Y MTOP

ID Vía	PCI		MTOP	
	Valor PCI	Clasificación	Valor MTOP	Clasificación
R1	79	Muy Bueno	28	Mala
R2	50	Regular	46	Mala

**Tabla 36.** Calificación Pavimento Rígido: Dos métodos – El Valle.

La comparación en la red de pavimentos rígidos de El Valle no se realiza debido a que existen solo dos calles con este tipo de pavimento, lo que no se presta para una comparación significativa.

#### 4.2.3. VÍAS NO PAVIMENTADAS MEDIANTE EL MÉTODO URCI Y PASER

##### 4.2.3.1. CALIFICACIONES MEDIANTE EL MÉTODO URCI Y PASER

ID Vía	URCI		Paser	
	Valor URCI	Clasificación	Valor Paser	Clasificación
L1	72	Muy Buena	4	Buena
L2	68	Buena	4	Buena
L3	81	Muy Buena	4	Buena
L4	67	Buena	4	Buena
L5	73	Muy Buena	4	Buena
L6	67	Buena	4	Buena
L7	76	Muy Buena	3	Justa
L8	38	Pobre	2	Pobre

**Tabla 37.** Calificación Vías No Pavimentadas: Dos métodos – El Valle.

En la Tabla 37. Se muestra las diferentes para las vías no pavimentadas de acuerdo a los dos métodos estudiados. Como se observa las calificaciones del URCI y Paser son parecidas de



acuerdo a cada escala de calificación. Más adelante se lleva a la mis escala y compara los dos métodos.

#### 4.2.3.2. ELEMENTOS DE CALIFICACIÓN

En la Tabla 38. se muestra los tipos de deterioro que cada uno de los métodos considera para el análisis respectivo de cada índice.

<b>Tipo de deterioro</b>	<b>URCI</b>	<b>PASER</b>
Sección Transversal Incorrecta / Bombeo	x	x
Drenaje Inadecuado	x	x
Corrugación u ondulaciones	x	x
Polvo	x	x
Baches	x	x
Ahuellamiento	x	x
Agregado suelto / Capa de grava	x	x

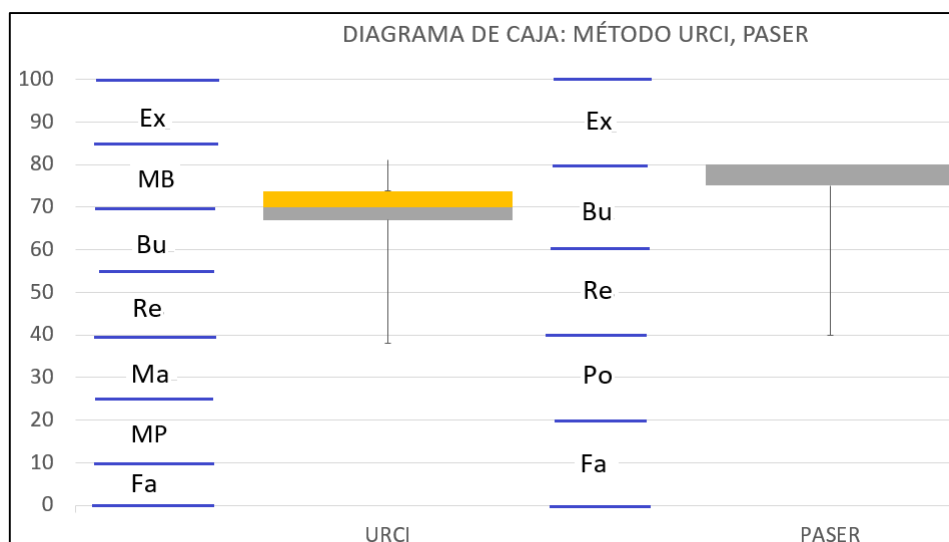
**Tabla 38.** Tipos de Fallas que analiza cada método – No Pavimentadas.

Se observa en la Tabla 38. que los dos métodos analizan exactamente los mismos tipos de deterioros, por lo que en relación a las vías de pavimentos flexible, la evaluación de los dos métodos es muy similar.

#### 4.2.3.3. VARIABILIDAD DE LA CONDICION DE LAS VÍAS NO PAVIMENTADAS

Para comparar los dos métodos se estable una única escala de calificación, por lo que para el método Paser se multiplico por 20 los valores de cada calificación. Además de un rango de calificación para cada calificación en intervalos de calificación con amplitud igual a 20.

En la Figura 42. se observa la desviación de la calificación de la red de vías no pavimentadas de El Valle para los dos métodos.



**Figura 42.** Diagrama de caja y bigotes para calificación de vías no pavimentadas: Dos métodos – El Valle.

Para realizar este análisis se lleva la escala Paser (1-5) a la misma escala que el método URCI (0-100), multiplicando el valor de la calificación Paser por cuatro.

#### Método URCI:

- La mediana de los datos se encuentra en un valor aproximado de 70, que corresponde a la calificación de MUY BUENA.
- No existe mayor variabilidad en los datos encontrándose la mayoría de vías no pavimentadas en un rango de 68 a 72. Lo que indica que el estado de la red vial es BUENO a MUY BUENO.

#### Método Paser

- La mayor parte de los valores se encuentran en la calificación BUENA.
- La máxima calificación es 80 y la mínima es 40.

### 4.3. OPTIMIZACIÓN DE LA RED VIAL PAVIMENTADA

#### 4.3.1. MATRICES DE PROBABILIDAD DE TRANSICIÓN DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO

En la Tabla 39. se muestra las calificaciones para cada uno parámetros ingresados en el programa para el análisis de Markov de la red vial El Valle.



Vía	PUNTUACIÓN DE EXPERTOS		IMPORTANCIA		USO		OPINIÓN DEL USUARIO	
	Descripción	Puntuación	Descripción	Puntuación	Descripción	Puntuación	Descripción	Puntuación
F1	Muy Bueno	85	Muy Importante	Valor de acuerdo al índice multiplicado por el valor mencionado en 3.3.3.1	Muy Concurrido	Valor de acuerdo al índice multiplicado por el valor mencionado en 3.3.3.1	Positiva	Valor de acuerdo al índice multiplicado por el valor mencionado en 3.3.3.1
F2	Pobre	40	Normal		Normal		Neutra	
F3	Pobre	40	Normal		Normal		Neutra	
F4	Regular	55	Normal		Normal		Neutra	
F5	Muy Pobre	25	Normal		Normal		Neutra	
F6	Pobre	40	Muy Importante		Muy Concurrido		Negativa	
F7	Regular	55	Muy Importante		Muy Concurrido		Negativa	
F8	Bueno	70	Normal		Normal		Neutra	
F9	Pobre	40	Muy Importante		Muy Concurrido		Negativa	
F10	Muy Pobre	25	Muy Importante		Muy Concurrido		Negativa	
F11	Bueno	70	Muy Importante		Muy Concurrido		Negativa	
F12	Muy Bueno	85	Normal		Normal		Positiva	
F13	Excelente	100	Muy Importante		Concurrido		Neutra	

**Tabla 39.** Parámetros y calificaciones red vial – El Valle

Con el índice de las evaluaciones (PCI, Windshield, MTOP) y los datos de la Tabla 39. se calcula el **RESULTADO FINAL COMPUESTO (RFC)** de cada método y califica de acuerdo al nuevo rango establecido en la Tabla 21.

ID Vía	PCI		Windshield		MTOP	
	RFC	Clasificación	RFC	Clasificación	RFC	Clasificación
F1	81	Muy Bueno	88	Excelente	64	Bueno
F2	31	Malo	28	Malo	28	Malo
F3	40	Regular	44	Regular	30	Malo
F4	51	Regular	55	Regular	23	Malo
F5	24	Malo	27	Malo	32	Malo
F6	32	Malo	25	Malo	42	Regular
F7	42	Regular	46	Regular	39	Regular
F8	72	Bueno	75	Muy Bueno	47	Regular
F9	30	Malo	36	Malo	38	Malo
F10	13	Malo	22	Malo	17	Malo
F11	64	Bueno	73	Bueno	42	Regular
F12	78	Muy Bueno	88	Excelente	48	Regular
F13	100	Excelente	96	Excelente	47	Regular

**Tabla 40.** Valores de RESULTADO FINAL COMPUESTO (RFC) y calificaciones para los tres métodos -El Valle.

En la Tabla 40. se observa que los valores del RFC no varían demasiado en relación con los valores del índice de cada método. Lo que si varia es la calificación de cada pavimento, y de este valor dependerá los tratamientos de cada vía.



A continuación se presenta las matrices de probabilidad para las diferentes familias de pavimentos de la red vial de El Valle. Para observar el comportamiento de los pavimentos de acuerdo se analiza para: sin intervención y para el tipo de intervención que recomienda el programa para cada vía.

#### 4.3.1.1. Metodología PCI – Pavimentos Flexibles

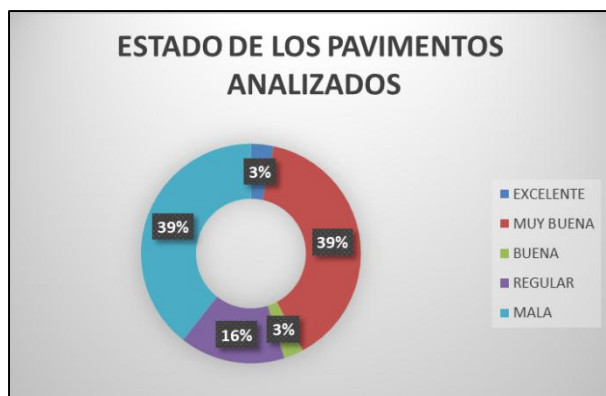
Pavimento Flexible El Valle	ÁREA m <sup>2</sup>	PCI	PUNTUACIÓN DE EXPERTOS		IMPORTANCIA		USO		OPINIÓN DEL USUARIO	
		Valor del PCI	Descripción	Puntuación	Descripción	Puntuación	Descripción	Puntuación	Descripción	Puntuación
Calle F1	13277.00	82	MUY BUENO	85	MUY IMPORTANTE	65.6	MUY CONCURRIDO	65.6	POSITIVA	98.4
Calle F2	10395.00	29	POBRE	40	NORMAL	34.8	NORMAL	34.8	NEUTRA	29
Calle F3	3115.00	38	POBRE	40	NORMAL	45.6	NORMAL	45.6	NEUTRA	38
Calle F4	1548.00	48	REGULAR	55	NORMAL	57.6	NORMAL	57.6	NEUTRA	48
Calle F5	1577.00	23	MUY POBRE	25	NORMAL	27.6	NORMAL	27.6	NEUTRA	23
Calle F6	1800.00	33	POBRE	40	MUY IMPORTANTE	26.4	MUY CONCURRIDO	26.4	NEGATIVA	26.4
Calle F7	1068.00	43	REGULAR	55	MUY IMPORTANTE	34.4	MUY CONCURRIDO	34.4	NEGATIVA	34.4
Calle F8	694.28	69	BUENO	70	NORMAL	82.8	NORMAL	82.8	NEUTRA	69
Calle F9	332.57	31	POBRE	40	MUY IMPORTANTE	24.8	MUY CONCURRIDO	24.8	NEGATIVA	24.8
Calle F10	471.06	12	MUY POBRE	25	MUY IMPORTANTE	9.6	MUY CONCURRIDO	9.6	NEGATIVA	9.6
Calle F11	370.86	68	BUENO	70	MUY IMPORTANTE	54.4	MUY CONCURRIDO	54.4	NEGATIVA	54.4
Calle F12	1080.00	72	MUY BUENO	85	NORMAL	86.4	NORMAL	86.4	POSITIVA	86.4
Calle F13	1242.00	100	EXCELENTE	100	IMPORTANTE	100	CONCURRIDO	100	NEUTRA	100

**Tabla 41.** Puntuación de los parámetros - Metodología PCI.

Pavimento Flexible El Valle	RESULTADO FINAL COMPUESTO	TRATAMIENTO
Calle F1	81	MANTENIMIENTO CORRECTIVO
Calle F2	31	RECONSTRUCCIÓN
Calle F3	40	REHABILITACIÓN
Calle F4	51	REHABILITACIÓN
Calle F5	24	RECONSTRUCCIÓN
Calle F6	32	RECONSTRUCCIÓN
Calle F7	42	REHABILITACIÓN
Calle F8	72	RECAPEO
Calle F9	30	RECONSTRUCCIÓN
Calle F10	13	RECONSTRUCCIÓN
Calle F11	64	RECAPEO
Calle F12	78	MANTENIMIENTO CORRECTIVO
Calle F13	100	MANTENIMIENTO PREVENTIVO

RESULTADO FINAL COMPUESTO	CALIFICACIÓN	TRATAMIENTO
> 85	Excelente	Mant. Preventivo
85-74	Muy Bueno	Mant. Correctivo
74-57	Bueno	Recapeo
57-39	Regular	Rehabilitación
≤ 39	Malo	Reconstrucción

**Tabla 42.** Tipo de tratamiento de la red de pavimentos flexibles de acuerdo al RFC - Metodología PCI.



**Figura 43.** Estado de los Pavimentos - Metodología PCI.

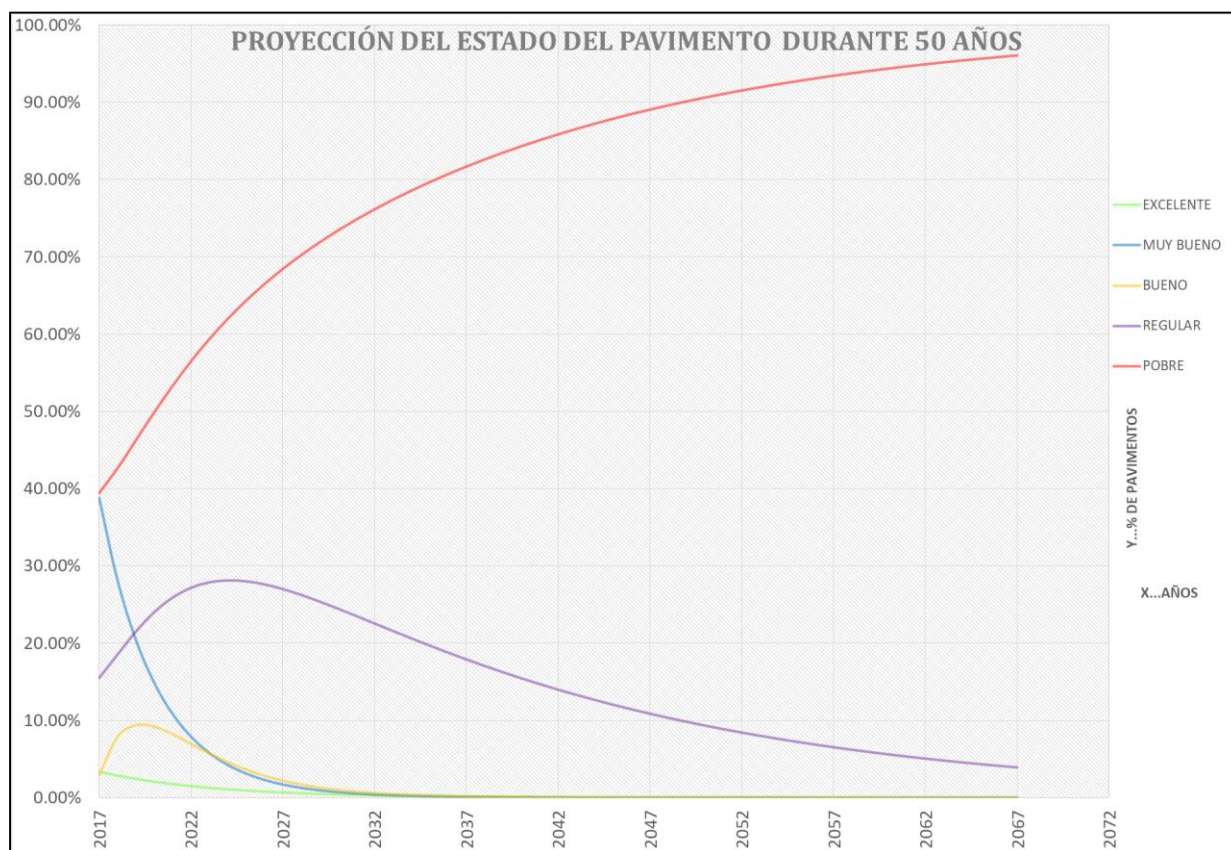


## Primera corrida – SIN INTERVENCIÓN

AÑO	ESTADO	EXCELENTE	MUY BUENO	BUENO	REGULAR	POBRE
2017						
# DE	ACCIÓN	SIN INTERVENCION	SIN INTERVENCION	SIN INTERVENCION	SIN INTERVENCION	SIN INTERVENCION
0	2017	3.36%	38.83%	2.88%	15.50%	39.42%
1	2018	2.86%	28.16%	7.84%	18.51%	42.64%
2	2019	2.43%	20.45%	9.38%	21.49%	46.25%
3	2020	2.06%	14.87%	9.19%	24.00%	49.87%
4	2021	1.75%	10.83%	8.22%	25.89%	53.31%
5	2022	1.49%	7.90%	6.97%	27.16%	56.48%
6	2023	1.27%	5.78%	5.72%	27.87%	59.36%
7	2024	1.08%	4.24%	4.59%	28.12%	61.97%
8	2025	0.92%	3.12%	3.63%	28.01%	64.34%
9	2026	0.78%	2.30%	2.84%	27.61%	66.48%
10	2027	0.66%	1.70%	2.20%	27.00%	68.44%
11	2028	0.56%	1.26%	1.69%	26.25%	70.23%
12	2029	0.48%	0.94%	1.30%	25.39%	71.88%
13	2030	0.41%	0.71%	1.00%	24.47%	73.41%
14	2031	0.35%	0.53%	0.77%	23.52%	74.84%
15	2032	0.29%	0.41%	0.59%	22.55%	76.16%
16	2033	0.25%	0.31%	0.45%	21.58%	77.41%
17	2034	0.21%	0.24%	0.35%	20.62%	78.58%
18	2035	0.18%	0.18%	0.27%	19.69%	79.68%
19	2036	0.15%	0.14%	0.21%	18.78%	80.72%
20	2037	0.13%	0.11%	0.16%	17.90%	81.70%
21	2038	0.11%	0.09%	0.13%	17.05%	82.63%
22	2039	0.09%	0.07%	0.10%	16.23%	83.51%
23	2040	0.08%	0.06%	0.08%	15.45%	84.34%
24	2041	0.07%	0.05%	0.06%	14.70%	85.13%
25	2042	0.06%	0.04%	0.05%	13.98%	85.87%
26	2043	0.05%	0.03%	0.04%	13.30%	86.58%
27	2044	0.04%	0.02%	0.03%	12.64%	87.26%
28	2045	0.04%	0.02%	0.03%	12.02%	87.90%
29	2046	0.03%	0.02%	0.02%	11.43%	88.50%
30	2047	0.03%	0.01%	0.02%	10.86%	89.08%
31	2048	0.02%	0.01%	0.01%	10.33%	89.63%
32	2049	0.02%	0.01%	0.01%	9.81%	90.15%
33	2050	0.02%	0.01%	0.01%	9.33%	90.64%
34	2051	0.01%	0.01%	0.01%	8.86%	91.11%
35	2052	0.01%	0.01%	0.01%	8.42%	91.55%
36	2053	0.01%	0.00%	0.01%	8.00%	91.97%
37	2054	0.01%	0.00%	0.01%	7.61%	92.38%
38	2055	0.01%	0.00%	0.00%	7.23%	92.76%
39	2056	0.01%	0.00%	0.00%	6.87%	93.12%
40	2057	0.01%	0.00%	0.00%	6.53%	93.46%
41	2058	0.00%	0.00%	0.00%	6.20%	93.79%
42	2059	0.00%	0.00%	0.00%	5.89%	94.10%
43	2060	0.00%	0.00%	0.00%	5.60%	94.40%
44	2061	0.00%	0.00%	0.00%	5.32%	94.68%
45	2062	0.00%	0.00%	0.00%	5.05%	94.94%
46	2063	0.00%	0.00%	0.00%	4.80%	95.20%
47	2064	0.00%	0.00%	0.00%	4.56%	95.44%
48	2065	0.00%	0.00%	0.00%	4.33%	95.66%
49	2066	0.00%	0.00%	0.00%	4.12%	95.88%
50	2067	0.00%	0.00%	0.00%	3.91%	96.09%

Tabla 43. Resultado de la corrida SIN INTERVENCIÓN en la red vial – PCI.





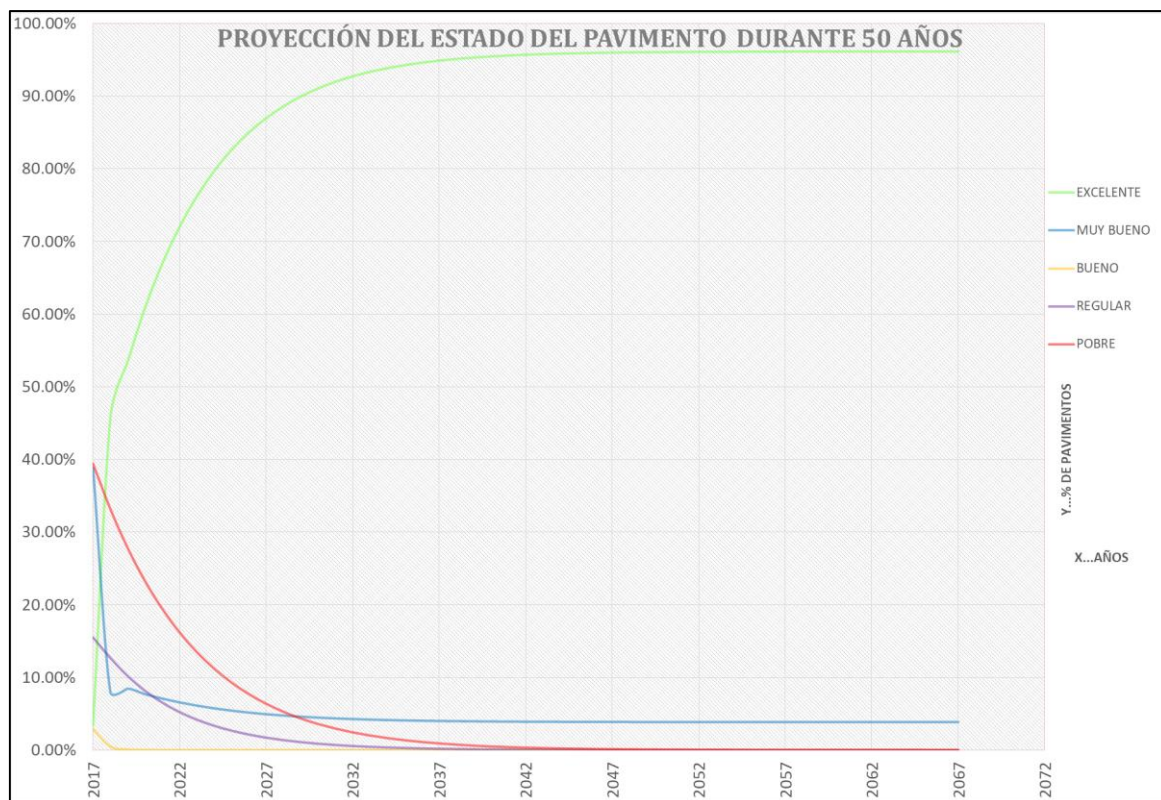
**Figura 44.** Proyección del estado del pavimento de la corrida SIN INTERVENCIÓN en la red vial – PCI

Como se observa en la Tabla 43. y Figura 44. si no se realiza ningún tipo de intervención en la red vial en 15 años más del 75.00 % de los pavimentos se encontraran en estado POBRE. El cambio más apreciable es de la calificación BUENA que del 39 % realizado en la evaluación, varia a menos del 1.00 % al cabo de tan solo 11 años.

**Segunda corrida – Intervención sugerida por el programa**

AÑO	ESTADO	EXCELENTE	MUY BUENO	BUENO	REGULAR	POBRE
2017	ACCIÓN	PREVENTIVO	CORRECTIVO	RECAPEO	RECAPEO	REHABILITACIÓN
0	2017	3.36%	38.83%	2.88%	15.50%	39.42%
1	2018	45.63%	8.02%	0.49%	12.69%	33.18%
2	2019	53.43%	8.46%	0.08%	10.20%	27.82%
3	2020	60.83%	7.70%	0.01%	8.17%	23.28%
4	2021	66.93%	7.09%	0.00%	6.54%	19.44%
5	2022	72.00%	6.57%	0.00%	5.23%	16.21%
6	2023	76.21%	6.12%	0.00%	4.18%	13.49%
7	2024	79.70%	5.75%	0.00%	3.35%	11.21%
8	2025	82.59%	5.43%	0.00%	2.68%	9.30%
9	2026	84.98%	5.16%	0.00%	2.14%	7.71%
10	2027	86.96%	4.94%	0.00%	1.71%	6.38%
11	2028	88.60%	4.75%	0.00%	1.37%	5.28%
12	2029	89.95%	4.60%	0.00%	1.10%	4.36%
13	2030	91.06%	4.47%	0.00%	0.88%	3.60%
14	2031	91.97%	4.36%	0.00%	0.70%	2.97%
15	2032	92.72%	4.27%	0.00%	0.56%	2.44%
16	2033	93.34%	4.20%	0.00%	0.45%	2.01%
17	2034	93.85%	4.14%	0.00%	0.36%	1.65%
18	2035	94.27%	4.08%	0.00%	0.29%	1.36%
19	2036	94.61%	4.04%	0.00%	0.23%	1.12%
20	2037	94.89%	4.01%	0.00%	0.18%	0.92%
21	2038	95.12%	3.98%	0.00%	0.15%	0.75%
22	2039	95.31%	3.96%	0.00%	0.12%	0.62%
23	2040	95.47%	3.94%	0.00%	0.09%	0.50%
24	2041	95.59%	3.92%	0.00%	0.08%	0.41%
25	2042	95.70%	3.91%	0.00%	0.06%	0.34%
26	2043	95.78%	3.90%	0.00%	0.05%	0.28%
27	2044	95.85%	3.89%	0.00%	0.04%	0.23%
28	2045	95.91%	3.88%	0.00%	0.03%	0.18%
29	2046	95.95%	3.87%	0.00%	0.02%	0.15%
30	2047	95.99%	3.87%	0.00%	0.02%	0.12%
31	2048	96.02%	3.86%	0.00%	0.02%	0.10%
32	2049	96.04%	3.86%	0.00%	0.01%	0.08%
33	2050	96.06%	3.86%	0.00%	0.01%	0.07%
34	2051	96.08%	3.86%	0.00%	0.01%	0.05%
35	2052	96.10%	3.85%	0.00%	0.01%	0.04%
36	2053	96.11%	3.85%	0.00%	0.01%	0.04%
37	2054	96.11%	3.85%	0.00%	0.00%	0.03%
38	2055	96.12%	3.85%	0.00%	0.00%	0.02%
39	2056	96.13%	3.85%	0.00%	0.00%	0.02%
40	2057	96.13%	3.85%	0.00%	0.00%	0.02%
41	2058	96.14%	3.85%	0.00%	0.00%	0.01%
42	2059	96.14%	3.85%	0.00%	0.00%	0.01%
43	2060	96.14%	3.85%	0.00%	0.00%	0.01%
44	2061	96.14%	3.85%	0.00%	0.00%	0.01%
45	2062	96.15%	3.85%	0.00%	0.00%	0.01%
46	2063	96.15%	3.85%	0.00%	0.00%	0.00%
47	2064	96.15%	3.85%	0.00%	0.00%	0.00%
48	2065	96.15%	3.85%	0.00%	0.00%	0.00%
49	2066	96.15%	3.85%	0.00%	0.00%	0.00%
50	2067	96.15%	3.85%	0.00%	0.00%	0.00%

**Tabla 44.** Resultado de la corrida INTERVENCIÓN SUGERIDA POR EL PROGRAMA en la red vial – PCI.



**Figura 45.** Proyección del estado del pavimento de la corrida INTERVENCIÓN SUGERIDA POR EL PROGRAMA en la red vial – PCI

Como se observa en la Tabla 44. y Figura 45. si se realiza el tipo de intervención sugerida por el programa en la red vial en el año de la primera intervención (año 1-2018) hay un cambio significativo, del 3.36% al 73.09 % de los pavimentos estarán en estado EXCELENTE y si se continúa haciendo la intervención correcta los años posteriores las intervenciones que necesitará la red vial solo será Preventiva y Correctiva como se observa al cabo de 7 años (2024) donde el 95.78 % de los pavimentos se encuentran en estado EXCELENTE.



#### 4.3.1.2. Metodología WINDSHIELD – Pavimentos Flexibles

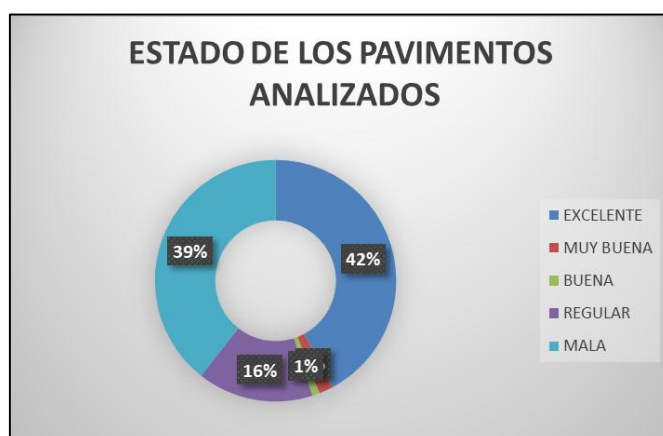
Pavimento Flexible El Valle	ÁREA m <sup>2</sup>	WINDSHIELD	PUNTAJACIÓN DE EXPERTOS		IMPORTANCIA		USO		OPINIÓN DEL USUARIO	
		Valor	Descripción	Puntuación	Descripción	Puntuación	Descripción	Puntuación	Descripción	Puntuación
Calle F1	13277.00	89	EXCELENTE	100	MUY IMPORTANTE	71.2	MUY CONCURRIDO	71.2	POSITIVA	106.8
Calle F2	10395.00	27	MUY POBRE	25	NORMAL	32.4	NORMAL	32.4	NEUTRA	27
Calle F3	3115.00	44	MUY POBRE	25	NORMAL	52.8	NORMAL	52.8	NEUTRA	44
Calle F4	1548.00	54	POBRE	40	NORMAL	64.8	NORMAL	64.8	NEUTRA	54
Calle F5	1577.00	26	MUY POBRE	25	NORMAL	31.2	NORMAL	31.2	NEUTRA	26
Calle F6	1800.00	27	MUY POBRE	25	MUY IMPORTANTE	21.6	MUY CONCURRIDO	21.6	NEGATIVA	21.6
Calle F7	1068.00	50	POBRE	40	MUY IMPORTANTE	40	MUY CONCURRIDO	40	NEGATIVA	40
Calle F8	694.28	72	BUENO	70	NORMAL	86.4	NORMAL	86.4	NEUTRA	72
Calle F9	332.57	40	MUY POBRE	25	MUY IMPORTANTE	32	MUY CONCURRIDO	32	NEGATIVA	32
Calle F10	471.06	23	MUY POBRE	25	MUY IMPORTANTE	18.4	MUY CONCURRIDO	18.4	NEGATIVA	18.4
Calle F11	370.86	78	BUENO	70	MUY IMPORTANTE	62.4	MUY CONCURRIDO	62.4	NEGATIVA	62.4
Calle F12	1080.00	84	BUENO	70	NORMAL	100.8	NORMAL	100.8	POSITIVA	100.8
Calle F13	1242.00	96	EXCELENTE	100	IMPORTANTE	96	CONCURRIDO	96	NEUTRA	96

**Tabla 45.** Puntuación de los parámetros - Metodología Windshield.

Pavimento Flexible El Valle	RESULTADO FINAL COMPUESTO	TRATAMIENTO
Calle F1	88	MANTENIMIENTO PREVENTIVO
Calle F2	28	RECONSTRUCCIÓN
Calle F3	44	REHABILITACIÓN
Calle F4	55	REHABILITACIÓN
Calle F5	27	RECONSTRUCCIÓN
Calle F6	25	RECONSTRUCCIÓN
Calle F7	46	REHABILITACIÓN
Calle F8	75	MANTENIMIENTO CORRECTIVO
Calle F9	36	RECONSTRUCCIÓN
Calle F10	22	RECONSTRUCCIÓN
Calle F11	73	RECAPEO
Calle F12	88	MANTENIMIENTO PREVENTIVO
Calle F13	96	MANTENIMIENTO PREVENTIVO

RESULTADO FINAL COMPUESTO	CALIFICACIÓN	TRATAMIENTO
> 85	Excelente	Mant. Preventivo
85-74	Muy Bueno	Mant. Correctivo
74-57	Bueno	Recapeo
57-39	Regular	Rehabilitación
≤ 39	Malo	Reconstrucción

**Tabla 46.** Tipo de tratamiento de la red de pavimentos flexibles -Metodología Windshield.



**Figura 46.** Estado de los Pavimentos - Metodología Windshield.

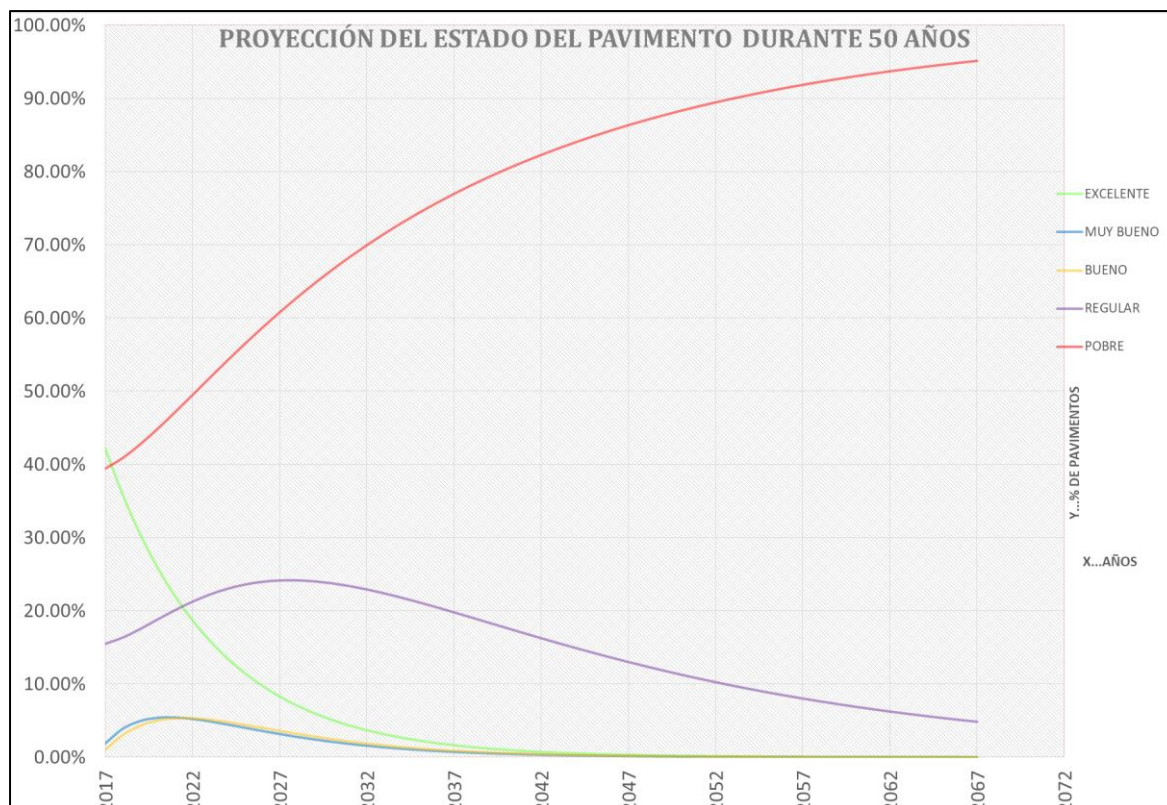




## Primera corrida – Sin Intervención

AÑO	ESTADO	EXCELENTE	MUY BUENO	BUENO	REGULAR	POBRE
2017						
# DE	ACCIÓN	SIN INTERVENCIÓN	SIN INTERVENCIÓN	SIN INTERVENCIÓN	SIN INTERVENCIÓN	SIN INTERVENCIÓN
0	2017	42.19%	1.88%	1.00%	15.50%	39.42%
1	2018	35.86%	3.88%	3.03%	16.34%	40.88%
2	2019	30.48%	4.95%	4.32%	17.52%	42.73%
3	2020	25.91%	5.39%	5.03%	18.82%	44.85%
4	2021	22.02%	5.44%	5.32%	20.09%	47.12%
5	2022	18.72%	5.24%	5.32%	21.25%	49.47%
6	2023	15.91%	4.89%	5.13%	22.23%	51.84%
7	2024	13.53%	4.48%	4.81%	23.01%	54.17%
8	2025	11.50%	4.04%	4.43%	23.59%	56.45%
9	2026	9.77%	3.60%	4.01%	23.96%	58.66%
10	2027	8.31%	3.18%	3.60%	24.15%	60.77%
11	2028	7.06%	2.78%	3.19%	24.16%	62.80%
12	2029	6.00%	2.43%	2.81%	24.03%	64.73%
13	2030	5.10%	2.11%	2.47%	23.76%	66.56%
14	2031	4.34%	1.82%	2.15%	23.39%	68.30%
15	2032	3.69%	1.57%	1.87%	22.93%	69.95%
16	2033	3.13%	1.35%	1.61%	22.39%	71.51%
17	2034	2.66%	1.16%	1.39%	21.80%	72.99%
18	2035	2.26%	1.00%	1.20%	21.16%	74.38%
19	2036	1.92%	0.85%	1.03%	20.49%	75.70%
20	2037	1.64%	0.73%	0.88%	19.79%	76.96%
21	2038	1.39%	0.62%	0.76%	19.09%	78.14%
22	2039	1.18%	0.53%	0.65%	18.38%	79.26%
23	2040	1.00%	0.45%	0.55%	17.67%	80.32%
24	2041	0.85%	0.39%	0.47%	16.96%	81.33%
25	2042	0.73%	0.33%	0.40%	16.26%	82.28%
26	2043	0.62%	0.28%	0.34%	15.58%	83.18%
27	2044	0.52%	0.24%	0.29%	14.91%	84.03%
28	2045	0.45%	0.20%	0.25%	14.26%	84.84%
29	2046	0.38%	0.17%	0.21%	13.62%	85.61%
30	2047	0.32%	0.15%	0.18%	13.01%	86.34%
31	2048	0.27%	0.13%	0.15%	12.42%	87.03%
32	2049	0.23%	0.11%	0.13%	11.85%	87.68%
33	2050	0.20%	0.09%	0.11%	11.30%	88.30%
34	2051	0.17%	0.08%	0.09%	10.77%	88.89%
35	2052	0.14%	0.07%	0.08%	10.26%	89.45%
36	2053	0.12%	0.06%	0.07%	9.77%	89.98%
37	2054	0.10%	0.05%	0.06%	9.30%	90.49%
38	2055	0.09%	0.04%	0.05%	8.86%	90.96%
39	2056	0.07%	0.03%	0.04%	8.43%	91.42%
40	2057	0.06%	0.03%	0.04%	8.02%	91.85%
41	2058	0.05%	0.02%	0.03%	7.63%	92.26%
42	2059	0.05%	0.02%	0.03%	7.26%	92.65%
43	2060	0.04%	0.02%	0.02%	6.91%	93.01%
44	2061	0.03%	0.02%	0.02%	6.57%	93.36%
45	2062	0.03%	0.01%	0.02%	6.25%	93.70%
46	2063	0.02%	0.01%	0.01%	5.94%	94.01%
47	2064	0.02%	0.01%	0.01%	5.65%	94.31%
48	2065	0.02%	0.01%	0.01%	5.37%	94.60%
49	2066	0.01%	0.01%	0.01%	5.10%	94.87%
50	2067	0.01%	0.01%	0.01%	4.85%	95.13%

Tabla 47. Resultado de la corrida SIN INTERVENCIÓN en la red vial – Windshield.



**Figura 47.** Proyección del estado del pavimento de la corrida SIN INTERVENCIÓN en la red vial – Windshield.

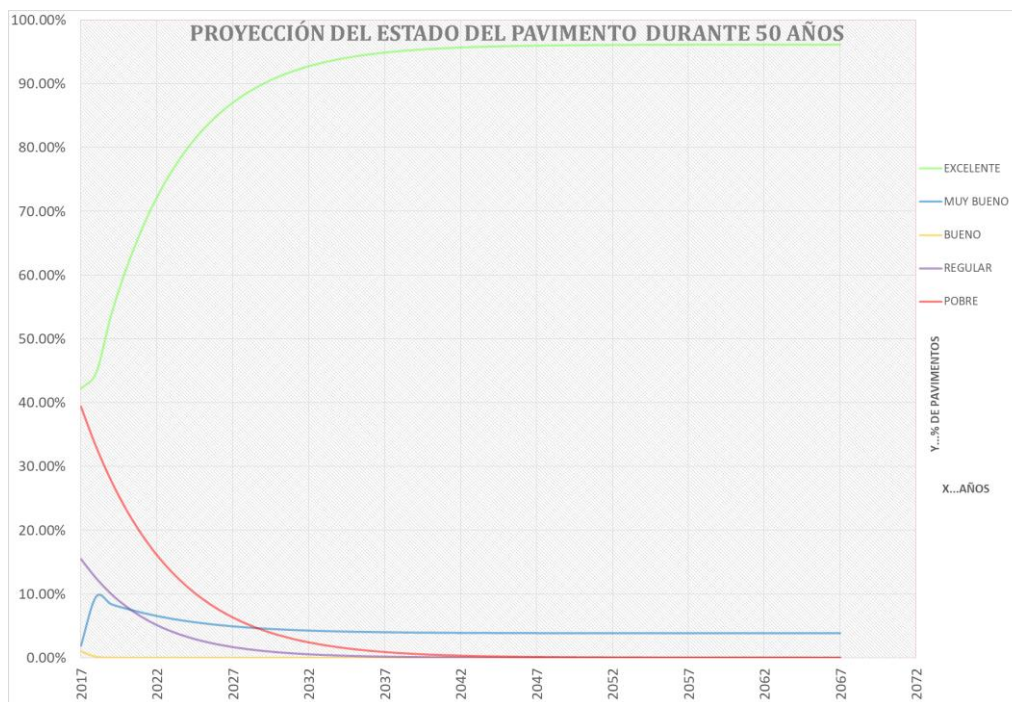
Como se observa en la Tabla 47. y Figura 47. si no se realiza ningún tipo de intervención en la red vial en 19 años más del 75.00 % de los pavimentos se encontraran en estado POBRE. Y en tan solo 10 años los pavimentos bajaras del 42.19% al 9.77% en estado EXCELENTE.

#### Segunda corrida – Intervención sugerida por el programa



AÑO	ESTADO	EXCELENTE	MUY BUENO	BUENO	REGULAR	POBRE
2017						
# DE	ACCIÓN	PREVENTIVO	CORRECTIVO	RECAPEO	RECAPEO	REHABILITACIÓN
0	2017	42.19%	1.88%	1.00%	15.50%	39.42%
1	2018	44.64%	9.57%	0.17%	12.50%	33.12%
2	2019	53.79%	8.41%	0.03%	10.02%	27.75%
3	2020	61.07%	7.70%	0.00%	8.02%	23.20%
4	2021	67.14%	7.08%	0.00%	6.41%	19.36%
5	2022	72.18%	6.56%	0.00%	5.13%	16.13%
6	2023	76.36%	6.11%	0.00%	4.11%	13.42%
7	2024	79.83%	5.74%	0.00%	3.28%	11.15%
8	2025	82.70%	5.42%	0.00%	2.63%	9.25%
9	2026	85.08%	5.16%	0.00%	2.10%	7.66%
10	2027	87.05%	4.94%	0.00%	1.68%	6.34%
11	2028	88.67%	4.75%	0.00%	1.35%	5.24%
12	2029	90.00%	4.59%	0.00%	1.08%	4.33%
13	2030	91.11%	4.47%	0.00%	0.86%	3.57%
14	2031	92.01%	4.36%	0.00%	0.69%	2.94%
15	2032	92.76%	4.27%	0.00%	0.55%	2.42%
16	2033	93.37%	4.19%	0.00%	0.44%	1.99%
17	2034	93.88%	4.13%	0.00%	0.35%	1.64%
18	2035	94.29%	4.08%	0.00%	0.28%	1.35%
19	2036	94.63%	4.04%	0.00%	0.23%	1.10%
20	2037	94.91%	4.01%	0.00%	0.18%	0.91%
21	2038	95.14%	3.98%	0.00%	0.14%	0.74%
22	2039	95.32%	3.95%	0.00%	0.12%	0.61%
23	2040	95.47%	3.93%	0.00%	0.09%	0.50%
24	2041	95.60%	3.92%	0.00%	0.07%	0.41%
25	2042	95.70%	3.91%	0.00%	0.06%	0.33%
26	2043	95.78%	3.89%	0.00%	0.05%	0.27%
27	2044	95.85%	3.89%	0.00%	0.04%	0.22%
28	2045	95.91%	3.88%	0.00%	0.03%	0.18%
29	2046	95.95%	3.87%	0.00%	0.02%	0.15%
30	2047	95.99%	3.87%	0.00%	0.02%	0.12%
31	2048	96.02%	3.86%	0.00%	0.02%	0.10%
32	2049	96.05%	3.86%	0.00%	0.01%	0.08%
33	2050	96.07%	3.86%	0.00%	0.01%	0.07%
34	2051	96.08%	3.86%	0.00%	0.01%	0.05%
35	2052	96.10%	3.85%	0.00%	0.01%	0.04%
36	2053	96.11%	3.85%	0.00%	0.01%	0.04%
37	2054	96.12%	3.85%	0.00%	0.00%	0.03%
38	2055	96.12%	3.85%	0.00%	0.00%	0.02%
39	2056	96.13%	3.85%	0.00%	0.00%	0.02%
40	2057	96.13%	3.85%	0.00%	0.00%	0.02%
41	2058	96.14%	3.85%	0.00%	0.00%	0.01%
42	2059	96.14%	3.85%	0.00%	0.00%	0.01%
43	2060	96.14%	3.85%	0.00%	0.00%	0.01%
44	2061	96.14%	3.85%	0.00%	0.00%	0.01%
45	2062	96.15%	3.85%	0.00%	0.00%	0.01%
46	2063	96.15%	3.85%	0.00%	0.00%	0.00%
47	2064	96.15%	3.85%	0.00%	0.00%	0.00%
48	2065	96.15%	3.85%	0.00%	0.00%	0.00%
49	2066	96.15%	3.85%	0.00%	0.00%	0.00%
50	2067	96.15%	3.85%	0.00%	0.00%	0.00%

**Tabla 48.** Resultado de la corrida INTERVENCIÓN SUGERIDA POR EL PROGRAMA en la red vial – Windshield.



**Figura 48.** Proyección del estado del pavimento de la corrida INTERVENCIÓN SUGERIDA POR EL PROGRAMA en la red vial – Windshield

De acuerdo a la Tabla 48. y Figura 48. si se realiza el tipo de intervención sugerida por el programa en la red vial en el año de la primera intervención (año 1-2018) el 72.10 % de los pavimentos estarán en estado EXCELENTE, esto no es un aumento muy significativo como se dio en el PCI, ya que el estado actual en esta condición es del 42.19% y si se continúa haciendo la intervención correcta los años posteriores las intervenciones que necesitará la red vial solo será Preventiva y Correctiva como se observa al cabo de 9 años (2026) donde el 95.78 % de los pavimentos se encuentran en estado EXCELENTE.





#### 4.3.1.3. Metodología MTOP – Pavimentos Flexibles

Pavimento Flexible El Valle	ÁREA m <sup>2</sup>	MTOP	PUNTUACIÓN DE EXPERTOS		IMPORTANCIA		USO		OPINIÓN DEL USUARIO	
		Valor	Descripción	Puntuación	Descripción	Puntuación	Descripción	Puntuación	Descripción	Puntuación
Calle F1	13277.00	66	REGULAR	55	MUY IMPORTANTE	52.8	MUY CONCURRIDO	52.8	POSITIVA	79.2
Calle F2	10395.00	25	POBRE	40	NORMAL	30	NORMAL	30	NEUTRA	25
Calle F3	3115.00	28	POBRE	40	NORMAL	33.6	NORMAL	33.6	NEUTRA	28
Calle F4	1548.00	20	POBRE	40	NORMAL	24	NORMAL	24	NEUTRA	20
Calle F5	1577.00	30	POBRE	40	NORMAL	36	NORMAL	36	NEUTRA	30
Calle F6	1800.00	45	POBRE	40	MUY IMPORTANTE	36	MUY CONCURRIDO	36	NEGATIVA	36
Calle F7	1068.00	42	POBRE	40	MUY IMPORTANTE	33.6	MUY CONCURRIDO	33.6	NEGATIVA	33.6
Calle F8	694.28	46	POBRE	40	NORMAL	55.2	NORMAL	55.2	NEUTRA	46
Calle F9	332.57	41	POBRE	40	MUY IMPORTANTE	32.8	MUY CONCURRIDO	32.8	NEGATIVA	32.8
Calle F10	471.06	15	POBRE	40	MUY IMPORTANTE	12	MUY CONCURRIDO	12	NEGATIVA	12
Calle F11	370.86	45	POBRE	40	MUY IMPORTANTE	36	MUY CONCURRIDO	36	NEGATIVA	36
Calle F12	1080.00	46	POBRE	40	NORMAL	55.2	NORMAL	55.2	POSITIVA	55.2
Calle F13	1242.00	48	POBRE	40	IMPORTANTE	48	CONCURRIDO	48	NEUTRA	48

**Tabla 49.** Puntuación de los parámetros - Metodología MTOP.

Pavimento Flexible El Valle	RESULTADO FINAL COMPUESTO	TRATAMIENTO
Calle F1	64	RECAPEO
Calle F2	28	RECONSTRUCCIÓN
Calle F3	30	RECONSTRUCCIÓN
Calle F4	23	RECONSTRUCCIÓN
Calle F5	32	RECONSTRUCCIÓN
Calle F6	42	REHABILITACIÓN
Calle F7	39	REHABILITACIÓN
Calle F8	47	REHABILITACIÓN
Calle F9	38	RECONSTRUCCIÓN
Calle F10	17	RECONSTRUCCIÓN
Calle F11	42	REHABILITACIÓN
Calle F12	48	REHABILITACIÓN
Calle F13	47	REHABILITACIÓN

RESULTADO FINAL COMPUESTO	CALIFICACIÓN	TRATAMIENTO
> 85	Excelente	Mant. Preventivo
85-74	Muy Bueno	Mant. Correctivo
74-57	Bueno	Recapeo
57-39	Regular	Rehabilitación
≤ 39	Malo	Reconstrucción

**Tabla 50.** Tipo de tratamiento de la red de pavimentos flexibles - El Valle.



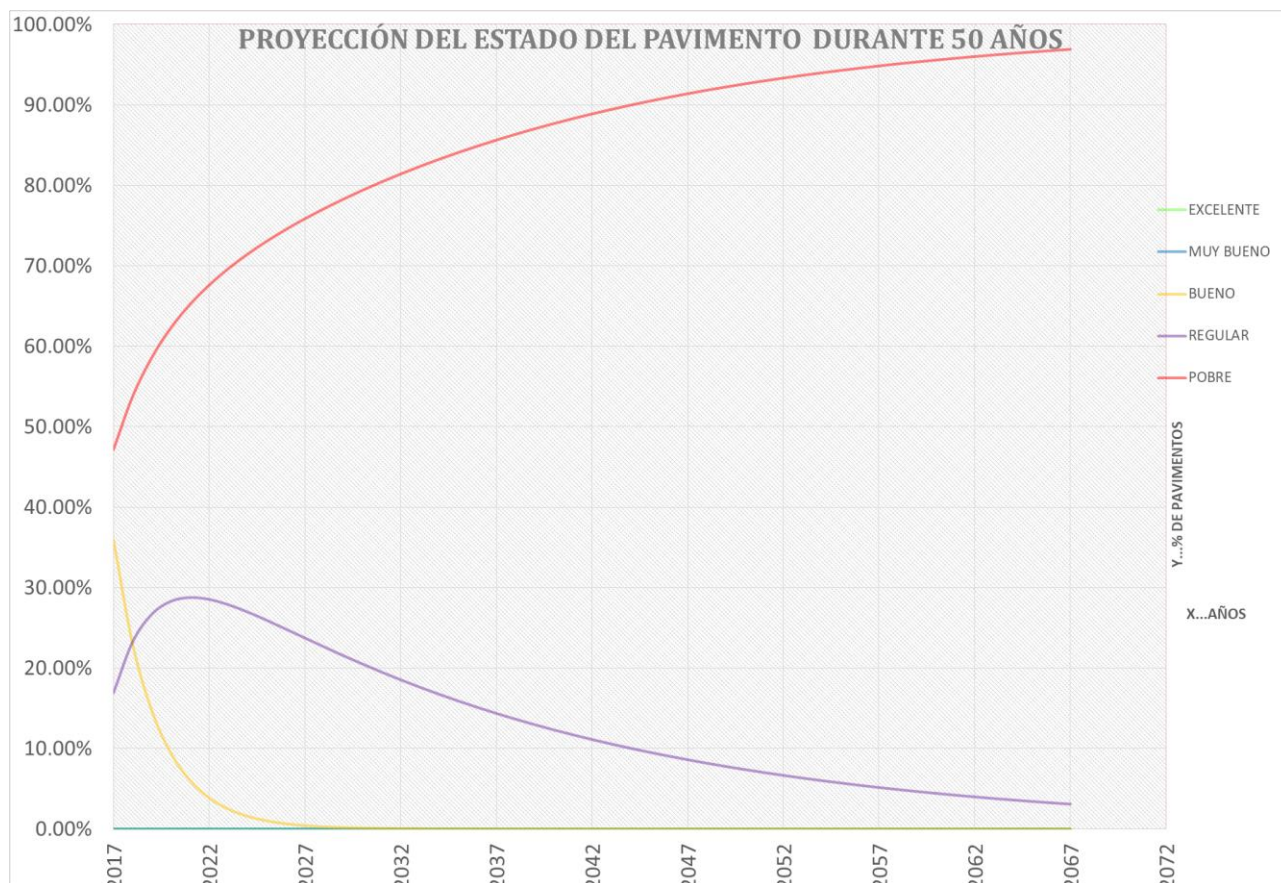
**Figura 49.** Estado de los Pavimentos - Metodología MTOP.



## Primera corrida – Sin Intervención

AÑO 2017	ESTADO	EXCELENTE	MUY BUENO	BUENO	REGULAR	POBRE
# DE	ACCIÓN	SIN INTERVENCIÓN	SIN INTERVENCIÓN	SIN INTERVENCIÓN	SIN INTERVENCIÓN	SIN INTERVENCIÓN
0	2017	0.00%	0.00%	35.91%	16.92%	47.17%
1	2018	0.00%	0.00%	22.98%	23.26%	53.76%
2	2019	0.00%	0.00%	14.71%	26.69%	58.60%
3	2020	0.00%	0.00%	9.41%	28.30%	62.29%
4	2021	0.00%	0.00%	6.03%	28.77%	65.21%
5	2022	0.00%	0.00%	3.86%	28.53%	67.61%
6	2023	0.00%	0.00%	2.47%	27.88%	69.66%
7	2024	0.00%	0.00%	1.58%	26.98%	71.44%
8	2025	0.00%	0.00%	1.01%	25.94%	73.05%
9	2026	0.00%	0.00%	0.65%	24.85%	74.50%
10	2027	0.00%	0.00%	0.41%	23.74%	75.85%
11	2028	0.00%	0.00%	0.26%	22.63%	77.10%
12	2029	0.00%	0.00%	0.17%	21.55%	78.28%
13	2030	0.00%	0.00%	0.11%	20.51%	79.38%
14	2031	0.00%	0.00%	0.07%	19.51%	80.43%
15	2032	0.00%	0.00%	0.04%	18.54%	81.41%
16	2033	0.00%	0.00%	0.03%	17.63%	82.35%
17	2034	0.00%	0.00%	0.02%	16.75%	83.23%
18	2035	0.00%	0.00%	0.01%	15.92%	84.07%
19	2036	0.00%	0.00%	0.01%	15.12%	84.87%
20	2037	0.00%	0.00%	0.00%	14.37%	85.63%
21	2038	0.00%	0.00%	0.00%	13.65%	86.35%
22	2039	0.00%	0.00%	0.00%	12.97%	87.03%
23	2040	0.00%	0.00%	0.00%	12.32%	87.68%
24	2041	0.00%	0.00%	0.00%	11.70%	88.29%
25	2042	0.00%	0.00%	0.00%	11.12%	88.88%
26	2043	0.00%	0.00%	0.00%	10.56%	89.44%
27	2044	0.00%	0.00%	0.00%	10.04%	89.96%
28	2045	0.00%	0.00%	0.00%	9.53%	90.47%
29	2046	0.00%	0.00%	0.00%	9.06%	90.94%
30	2047	0.00%	0.00%	0.00%	8.60%	91.40%
31	2048	0.00%	0.00%	0.00%	8.17%	91.83%
32	2049	0.00%	0.00%	0.00%	7.77%	92.23%
33	2050	0.00%	0.00%	0.00%	7.38%	92.62%
34	2051	0.00%	0.00%	0.00%	7.01%	92.99%
35	2052	0.00%	0.00%	0.00%	6.66%	93.34%
36	2053	0.00%	0.00%	0.00%	6.33%	93.67%
37	2054	0.00%	0.00%	0.00%	6.01%	93.99%
38	2055	0.00%	0.00%	0.00%	5.71%	94.29%
39	2056	0.00%	0.00%	0.00%	5.42%	94.58%
40	2057	0.00%	0.00%	0.00%	5.15%	94.85%
41	2058	0.00%	0.00%	0.00%	4.89%	95.11%
42	2059	0.00%	0.00%	0.00%	4.65%	95.35%
43	2060	0.00%	0.00%	0.00%	4.42%	95.58%
44	2061	0.00%	0.00%	0.00%	4.20%	95.80%
45	2062	0.00%	0.00%	0.00%	3.99%	96.01%
46	2063	0.00%	0.00%	0.00%	3.79%	96.21%
47	2064	0.00%	0.00%	0.00%	3.60%	96.40%
48	2065	0.00%	0.00%	0.00%	3.42%	96.58%
49	2066	0.00%	0.00%	0.00%	3.25%	96.75%
50	2067	0.00%	0.00%	0.00%	3.08%	96.92%

Tabla 51. Resultado de la corrida SIN INTERVENCIÓN en la red vial – MTOP.



**Figura 50.** Proyección del estado del pavimento de la corrida SIN INTERVENCIÓN en la red vial – MTOP.

Como se observa en la Tabla 51. y Figura 50. si no se realiza ningún tipo de intervención en la red vial en 10 años más del 75.00 % de los pavimentos se encontraran en estado POBRE.

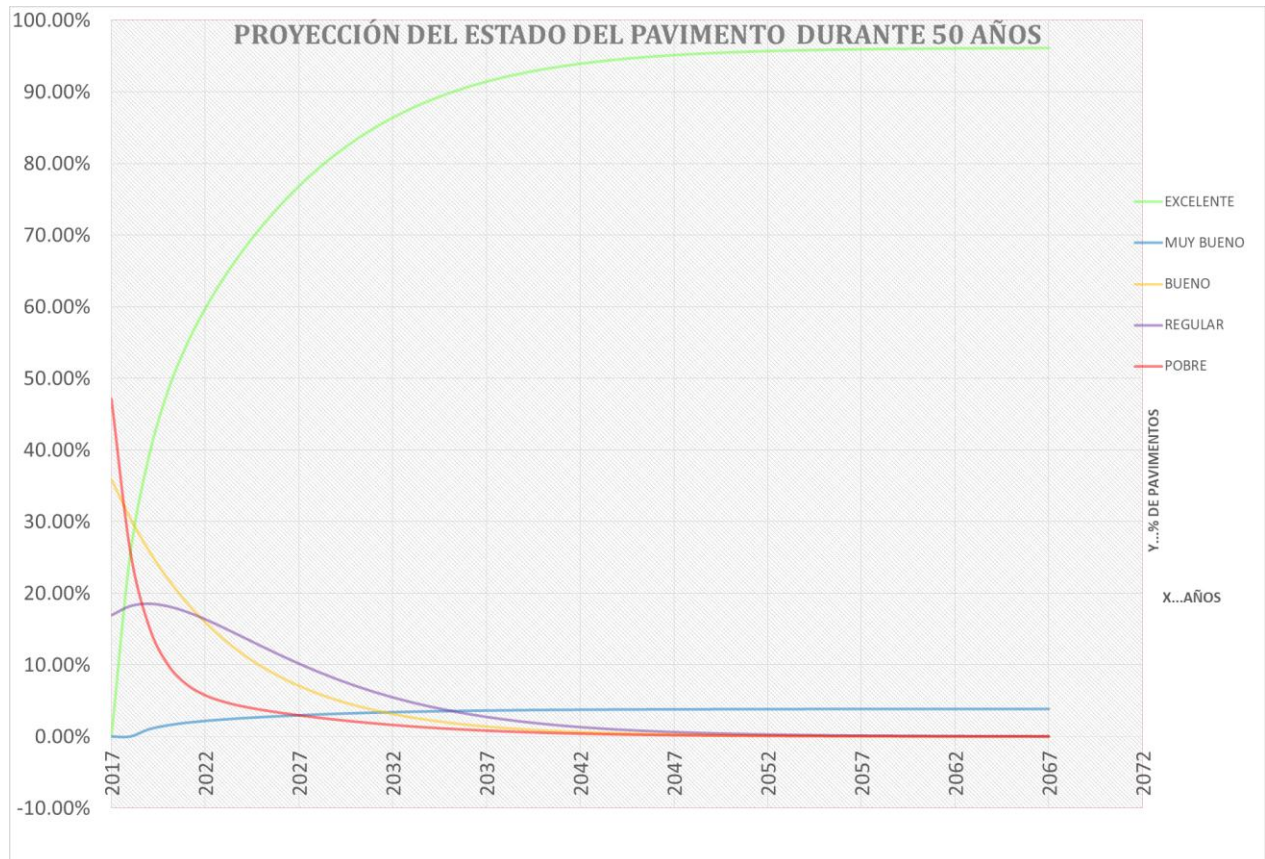


## Segunda corrida – Intervención sugerida por el programa

AÑO	ESTADO	EXCELENTE	MUY BUENO	BUENO	REGULAR	POBRE
2017						
# DE	ACCIÓN	PREVENTIVO	CORRECTIVO	PREVENTIVO	RECAPEO	RECONSTRUCCIÓN
0	2017	0.00%	0.00%	35.91%	16.92%	47.17%
1	2018	25.28%	0.00%	30.53%	18.20%	25.99%
2	2019	39.08%	1.01%	25.95%	18.53%	15.43%
3	2020	48.10%	1.56%	22.05%	18.20%	10.09%
4	2021	54.60%	1.92%	18.75%	17.43%	7.30%
5	2022	59.73%	2.18%	15.93%	16.38%	5.77%
6	2023	64.05%	2.39%	13.54%	15.17%	4.84%
7	2024	67.82%	2.56%	11.51%	13.90%	4.21%
8	2025	71.16%	2.71%	9.79%	12.62%	3.72%
9	2026	74.15%	2.85%	8.32%	11.37%	3.32%
10	2027	76.83%	2.97%	7.07%	10.17%	2.96%
11	2028	79.22%	3.07%	6.01%	9.06%	2.64%
12	2029	81.35%	3.17%	5.11%	8.03%	2.35%
13	2030	83.24%	3.25%	4.34%	7.09%	2.08%
14	2031	84.91%	3.33%	3.69%	6.23%	1.83%
15	2032	86.39%	3.40%	3.14%	5.47%	1.61%
16	2033	87.68%	3.46%	2.67%	4.78%	1.42%
17	2034	88.82%	3.51%	2.27%	4.17%	1.24%
18	2035	89.81%	3.55%	1.93%	3.63%	1.08%
19	2036	90.67%	3.59%	1.64%	3.16%	0.94%
20	2037	91.42%	3.63%	1.39%	2.74%	0.82%
21	2038	92.08%	3.66%	1.18%	2.37%	0.71%
22	2039	92.64%	3.68%	1.01%	2.05%	0.62%
23	2040	93.13%	3.71%	0.85%	1.77%	0.53%
24	2041	93.56%	3.73%	0.73%	1.53%	0.46%
25	2042	93.93%	3.74%	0.62%	1.32%	0.40%
26	2043	94.24%	3.76%	0.52%	1.13%	0.34%
27	2044	94.51%	3.77%	0.45%	0.98%	0.30%
28	2045	94.75%	3.78%	0.38%	0.84%	0.25%
29	2046	94.95%	3.79%	0.32%	0.72%	0.22%
30	2047	95.12%	3.80%	0.27%	0.62%	0.19%
31	2048	95.27%	3.80%	0.23%	0.53%	0.16%
32	2049	95.40%	3.81%	0.20%	0.45%	0.14%
33	2050	95.51%	3.82%	0.17%	0.39%	0.12%
34	2051	95.60%	3.82%	0.14%	0.33%	0.10%
35	2052	95.68%	3.82%	0.12%	0.29%	0.09%
36	2053	95.75%	3.83%	0.10%	0.24%	0.07%
37	2054	95.81%	3.83%	0.09%	0.21%	0.06%
38	2055	95.86%	3.83%	0.07%	0.18%	0.05%
39	2056	95.90%	3.83%	0.06%	0.15%	0.05%
40	2057	95.94%	3.84%	0.05%	0.13%	0.04%
41	2058	95.97%	3.84%	0.05%	0.11%	0.03%
42	2059	96.00%	3.84%	0.04%	0.09%	0.03%
43	2060	96.02%	3.84%	0.03%	0.08%	0.02%
44	2061	96.04%	3.84%	0.03%	0.07%	0.02%
45	2062	96.06%	3.84%	0.02%	0.06%	0.02%
46	2063	96.07%	3.84%	0.02%	0.05%	0.02%
47	2064	96.08%	3.84%	0.02%	0.04%	0.01%
48	2065	96.09%	3.84%	0.01%	0.04%	0.01%
49	2066	96.10%	3.84%	0.01%	0.03%	0.01%
50	2067	96.11%	3.84%	0.01%	0.03%	0.01%

**Tabla 52.** Resultado de la corrida INTERVENCIÓN SUGERIDA POR EL PROGRAMA en la red vial – MTOP.





**Figura 51.** Proyección del estado del pavimento de la corrida INTERVENCIÓN SUGERIDA POR EL PROGRAMA en la red vial – MTOP.

De acuerdo a la Tabla 52. y Figura 51. si se realiza el tipo de intervención sugerida por el programa en la red vial en el año de la primera intervención (año 1-2018) el 58.87 % de los pavimentos estarán en estado EXCELENTE, esto es un aumento muy significativo como se dio en el PCI, ya que el estado actual en esta condición es del 0.00% y si se continúa haciendo la intervención correcta los años posteriores las intervenciones que necesitará la red vial solo será Preventiva y Correctiva como se observa al cabo de 13 años donde el 96.15 % de los pavimentos se encuentran en estado EXCELENTE.



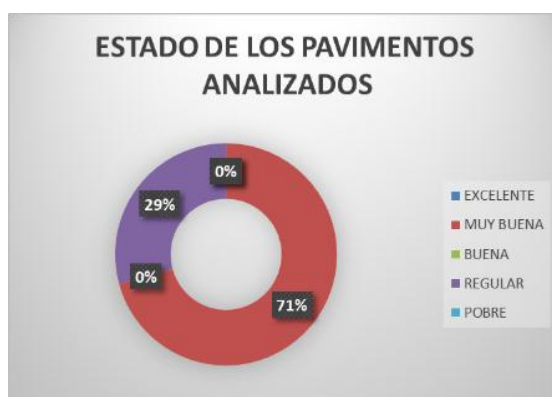
#### 4.3.1.4. Metodología PCI – Pavimentos Rígidos

NOMBRE - VÍA / PARQUEADERO / OTRO	ÁREA m <sup>2</sup>	PCI	PUNTUACIÓN DE EXPERTOS		IMPORTANCIA		USO		OPINIÓN DEL USUARIO	
		Valor del PCI	Descripción	Puntuación	Descripción	Puntuación	Descripción	Puntuación	Descripción	Puntuación
CALLE R1	1014	79	MUY BUENO	85	NORMAL	94,8	NORMAL	94,8	POSITIVA	94,8
CALLE R2	419,68	50	REGULAR	55	NORMAL	60	NORMAL	60	NEUTRA	50

**Tabla 53.** Puntuación de los parámetros - Metodología PCI.

NOMBRE - VÍA / PARQUEADERO / OTRO	RESULTADO FINAL COMPUESTO	TRATAMIENTO
CALLE R1	78	MANTENIMIENTO CORRECTIVO
CALLE R2	53	REHABILITACIÓN

**Tabla 54.** Tipo de tratamiento de la red de pavimentos rígidos de acuerdo al RFC - Metodología PCI.



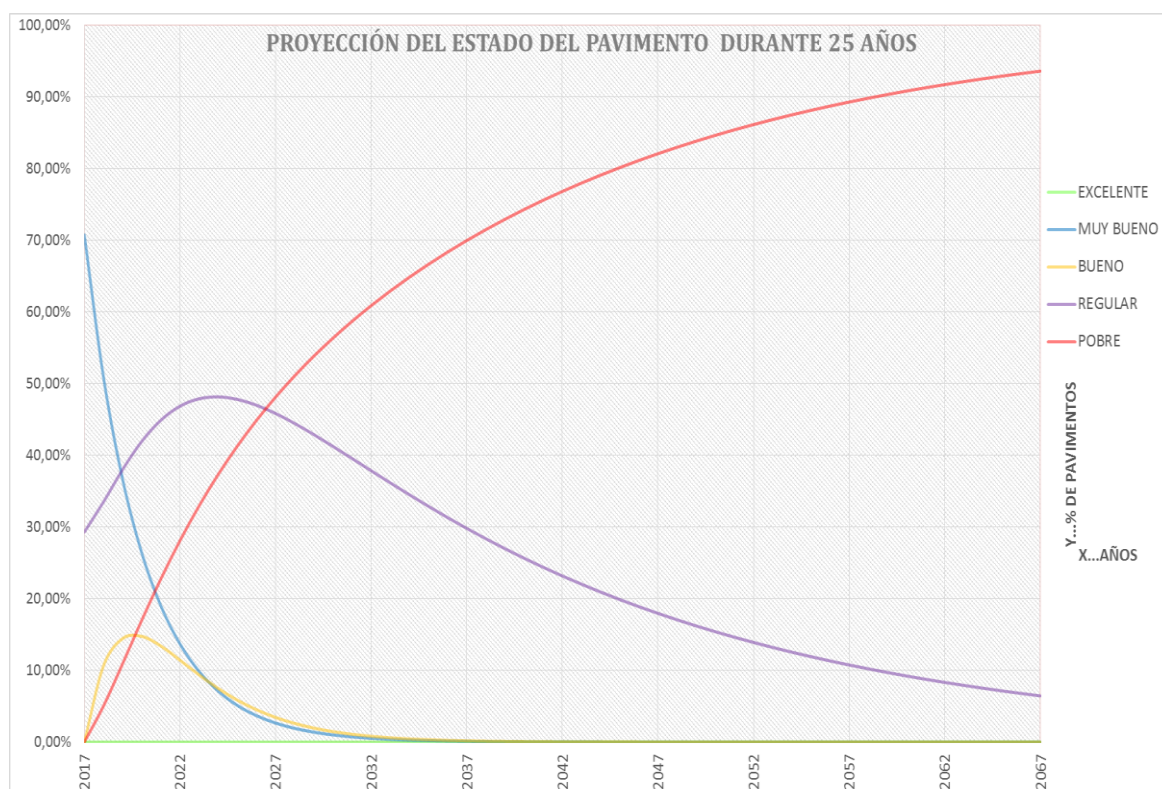
**Figura52.** Estado de los Pavimentos Rígido - Metodología PCI.



## Primera corrida – SIN INTERVENCIÓN

AÑO	ESTADO	EXCELENTE	MUY BUENO	BUENO	REGULAR	POBRE
2017						
# DE AÑOS	ACCIÓN	SIN INTERVENCIÓN	SIN INTERVENCIÓN	SIN INTERVENCIÓN	SIN INTERVENCIÓN	SIN INTERVENCIÓN
0	2017	0,00%	70,73%	0,00%	29,27%	0,00%
1	2018	0,00%	50,92%	10,61%	33,47%	5,00%
2	2019	0,00%	36,66%	14,43%	37,99%	10,92%
3	2020	0,00%	26,40%	14,73%	41,91%	16,96%
4	2021	0,00%	19,01%	13,39%	44,87%	22,73%
5	2022	0,00%	13,69%	11,42%	46,83%	28,07%
6	2023	0,00%	9,85%	9,36%	47,86%	32,92%
7	2024	0,00%	7,09%	7,47%	48,13%	37,30%
8	2025	0,00%	5,11%	5,84%	47,79%	41,26%
9	2026	0,00%	3,68%	4,51%	46,98%	44,84%
10	2027	0,00%	2,65%	3,44%	45,82%	48,09%
11	2028	0,00%	1,91%	2,60%	44,43%	51,07%
12	2029	0,00%	1,37%	1,95%	42,88%	53,80%
13	2030	0,00%	0,99%	1,45%	41,24%	56,32%
14	2031	0,00%	0,71%	1,08%	39,54%	58,67%
15	2032	0,00%	0,51%	0,80%	37,84%	60,85%
16	2033	0,00%	0,37%	0,59%	36,15%	62,90%
17	2034	0,00%	0,27%	0,43%	34,49%	64,82%
18	2035	0,00%	0,19%	0,32%	32,87%	66,62%
19	2036	0,00%	0,14%	0,23%	31,30%	68,33%
20	2037	0,00%	0,10%	0,17%	29,80%	69,94%
21	2038	0,00%	0,07%	0,12%	28,35%	71,46%
22	2039	0,00%	0,05%	0,09%	26,96%	72,90%
23	2040	0,00%	0,04%	0,06%	25,63%	74,26%
24	2041	0,00%	0,03%	0,05%	24,37%	75,56%
25	2042	0,00%	0,02%	0,03%	23,16%	76,78%
26	2043	0,00%	0,01%	0,02%	22,01%	77,95%
27	2044	0,00%	0,01%	0,02%	20,92%	79,05%
28	2045	0,00%	0,01%	0,01%	19,88%	80,10%
29	2046	0,00%	0,01%	0,01%	18,89%	81,10%
30	2047	0,00%	0,00%	0,01%	17,94%	82,05%
31	2048	0,00%	0,00%	0,00%	17,05%	82,94%
32	2049	0,00%	0,00%	0,00%	16,20%	83,80%
33	2050	0,00%	0,00%	0,00%	15,39%	84,61%
34	2051	0,00%	0,00%	0,00%	14,62%	85,38%
35	2052	0,00%	0,00%	0,00%	13,89%	86,11%
36	2053	0,00%	0,00%	0,00%	13,19%	86,80%
37	2054	0,00%	0,00%	0,00%	12,53%	87,46%
38	2055	0,00%	0,00%	0,00%	11,91%	88,09%
39	2056	0,00%	0,00%	0,00%	11,31%	88,69%
40	2057	0,00%	0,00%	0,00%	10,75%	89,25%
41	2058	0,00%	0,00%	0,00%	10,21%	89,79%
42	2059	0,00%	0,00%	0,00%	9,70%	90,30%
43	2060	0,00%	0,00%	0,00%	9,21%	90,79%
44	2061	0,00%	0,00%	0,00%	8,75%	91,25%
45	2062	0,00%	0,00%	0,00%	8,32%	91,68%
46	2063	0,00%	0,00%	0,00%	7,90%	92,10%
47	2064	0,00%	0,00%	0,00%	7,51%	92,49%
48	2065	0,00%	0,00%	0,00%	7,13%	92,87%
49	2066	0,00%	0,00%	0,00%	6,77%	93,23%
50	2067	0,00%	0,00%	0,00%	6,44%	93,56%

Tabla 55. Resultado de la corrida SIN INTERVENCIÓN en la red vial pavimento rígido– PCI.



**Figura 52.** Proyección del estado del pavimento de la corrida SIN INTERVENCIÓN en la red vial pavimento rígido- PCI

En la Tabla 43. y Figura 44. se observa el porcentaje de pavimentos para cada estado que se darían en 50 años si no se hace ningún tipo de intervención, solo en 8 años los pavimentos que estaban en estado muy buenos con un 70,73 % en ese periodo de tiempo caerán al 3.11%, ya que estarán los mismo en estado REGULAR o POBRE.

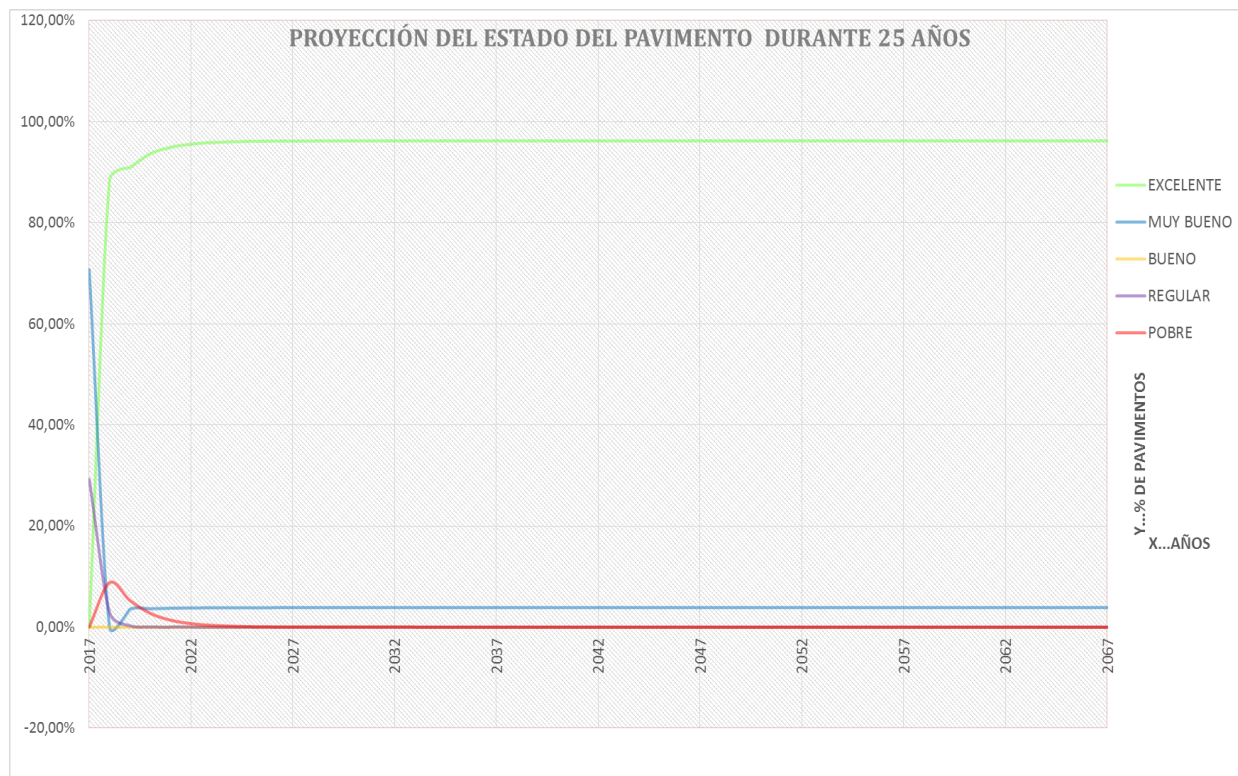




## Segunda corrida – Intervención sugerida por el programa

AÑO 2017	ESTADO	EXCELENTE	MUY BUENO	BUENO	REGULAR	POBRE
# DE AÑOS	ACCIÓN	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	MANTENIMIENTO CORRECTIVO	RECAPEO	REHABILITACIÓN	RECONSTRUCCIÓN
0	2017	0,00%	70,73%	0,00%	29,27%	0,00%
1	2018	88,29%	0,00%	0,00%	2,93%	8,78%
2	2019	90,91%	3,53%	0,00%	0,29%	5,27%
3	2020	93,61%	3,64%	0,00%	0,03%	2,72%
4	2021	94,88%	3,74%	0,00%	0,00%	1,37%
5	2022	95,52%	3,80%	0,00%	0,00%	0,69%
6	2023	95,84%	3,82%	0,00%	0,00%	0,34%
7	2024	96,00%	3,83%	0,00%	0,00%	0,17%
8	2025	96,07%	3,84%	0,00%	0,00%	0,09%
9	2026	96,11%	3,84%	0,00%	0,00%	0,04%
10	2027	96,13%	3,84%	0,00%	0,00%	0,02%
11	2028	96,14%	3,85%	0,00%	0,00%	0,01%
12	2029	96,15%	3,85%	0,00%	0,00%	0,01%
13	2030	96,15%	3,85%	0,00%	0,00%	0,00%
14	2031	96,15%	3,85%	0,00%	0,00%	0,00%
15	2032	96,15%	3,85%	0,00%	0,00%	0,00%
16	2033	96,15%	3,85%	0,00%	0,00%	0,00%
17	2034	96,15%	3,85%	0,00%	0,00%	0,00%
18	2035	96,15%	3,85%	0,00%	0,00%	0,00%
19	2036	96,15%	3,85%	0,00%	0,00%	0,00%
20	2037	96,15%	3,85%	0,00%	0,00%	0,00%
21	2038	96,15%	3,85%	0,00%	0,00%	0,00%
22	2039	96,15%	3,85%	0,00%	0,00%	0,00%
23	2040	96,15%	3,85%	0,00%	0,00%	0,00%
24	2041	96,15%	3,85%	0,00%	0,00%	0,00%
25	2042	96,15%	3,85%	0,00%	0,00%	0,00%
26	2043	96,15%	3,85%	0,00%	0,00%	0,00%
27	2044	96,15%	3,85%	0,00%	0,00%	0,00%
28	2045	96,15%	3,85%	0,00%	0,00%	0,00%
29	2046	96,15%	3,85%	0,00%	0,00%	0,00%
30	2047	96,15%	3,85%	0,00%	0,00%	0,00%
31	2048	96,15%	3,85%	0,00%	0,00%	0,00%
32	2049	96,15%	3,85%	0,00%	0,00%	0,00%
33	2050	96,15%	3,85%	0,00%	0,00%	0,00%
34	2051	96,15%	3,85%	0,00%	0,00%	0,00%
35	2052	96,15%	3,85%	0,00%	0,00%	0,00%
36	2053	96,15%	3,85%	0,00%	0,00%	0,00%
37	2054	96,15%	3,85%	0,00%	0,00%	0,00%
38	2055	96,15%	3,85%	0,00%	0,00%	0,00%
39	2056	96,15%	3,85%	0,00%	0,00%	0,00%
40	2057	96,15%	3,85%	0,00%	0,00%	0,00%
41	2058	96,15%	3,85%	0,00%	0,00%	0,00%
42	2059	96,15%	3,85%	0,00%	0,00%	0,00%
43	2060	96,15%	3,85%	0,00%	0,00%	0,00%
44	2061	96,15%	3,85%	0,00%	0,00%	0,00%
45	2062	96,15%	3,85%	0,00%	0,00%	0,00%
46	2063	96,15%	3,85%	0,00%	0,00%	0,00%
47	2064	96,15%	3,85%	0,00%	0,00%	0,00%
48	2065	96,15%	3,85%	0,00%	0,00%	0,00%
49	2066	96,15%	3,85%	0,00%	0,00%	0,00%
50	2067	96,15%	3,85%	0,00%	0,00%	0,00%

**Tabla 56.** Resultado de la corrida INTERVENCIÓN SUGERIDA POR EL PROGRAMA en la red vial pavimento rígido – PCI.



**Figura 53.** Proyección del estado del pavimento de la corrida INTERVENCIÓN SUGERIDA POR EL PROGRAMA en la red vial pavimento rígido – PCI

En la Tabla 56. y Figura 53. se observa el porcentaje de pavimentos rígidos que se daría si se ejecutaran los diferentes tipos de mantenimiento a tiempo, se tiene que en el año 2017 el 70,73% en estado MUY BUENO y 29,27% en estado REGULAR, pero al momento de realizar la intervención óptima para el año 2018.



#### 4.3.1.5. Metodología MTOP – Pavimentos Rígidos

NOMBRE - VÍA / PARQUEADERO / OTRO	ÁREA m <sup>2</sup>	PCI	PUNTUACIÓN DE EXPERTOS		IMPORTANCIA		USO		OPINIÓN DEL USUARIO	
		Valor del PCI	Descripción	Puntuación	Descripción	Puntuación	Descripción	Puntuación	Descripción	Puntuación
CALLE R1	1014	46	POBRE	40	MUY IMPORTAN	36,8	MUY CONCURRIDO	36,8	POSITIVA	55,2
CALLE R2	419,68	28	POBRE	40	NORMAL	33,6	NORMAL	33,6	NEUTRA	28

**Tabla 57.** Puntuación de los parámetros - Metodología MTOP.

NOMBRE - VÍA / PARQUEADERO / OTRO	RESULTADO FINAL COMPUESTO	TRATAMIENTO
CALLE R1	44	REHABILITACIÓN
CALLE R2	30	RECONSTRUCCIÓN

**Tabla 58.** Tipo de tratamiento de la red de pavimentos rígidos - El Valle.



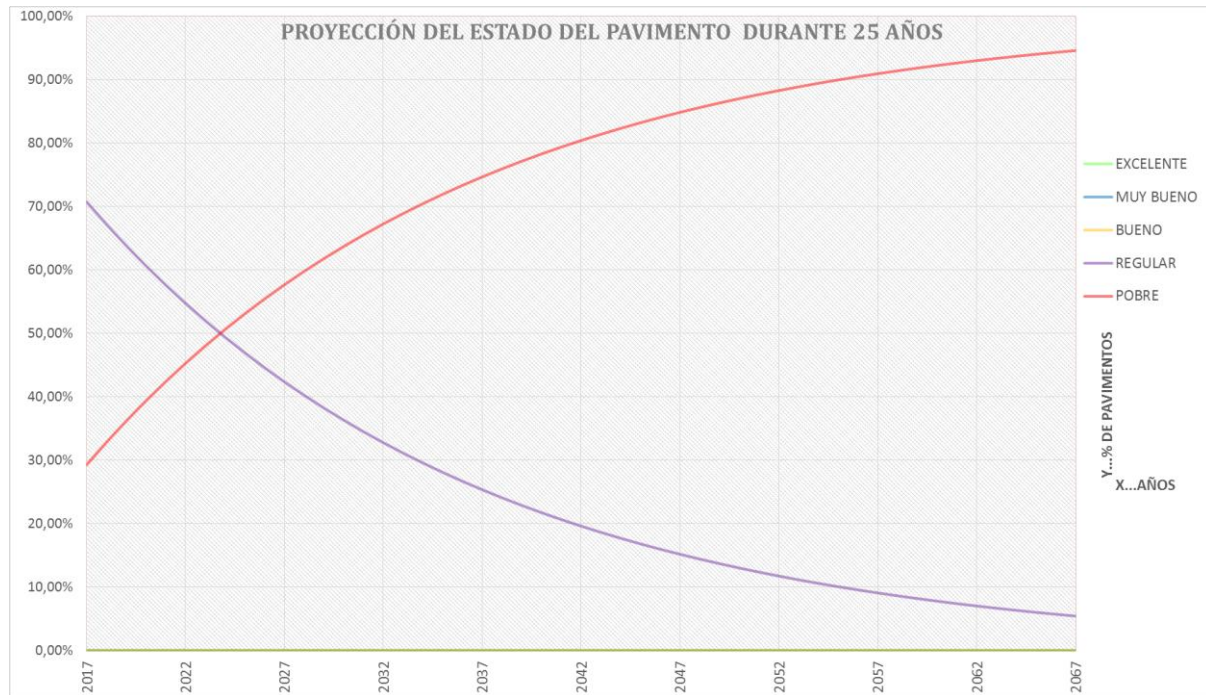
**Figura 54.** . Estado de los Pavimentos Rígidos - Metodología MTOP.



## Primera corrida – Sin Intervención

AÑO	ESTADO	EXCELENTE	MUY BUENO	BUENO	REGULAR	POBRE
2017						
# DE AÑOS	ACCIÓN	SIN INTERVENCIÓN	SIN INTERVENCIÓN	SIN INTERVENCIÓN	SIN INTERVENCIÓN	SIN INTERVENCIÓN
0	2017	0,00%	0,00%	0,00%	70,73%	29,27%
1	2018	0,00%	0,00%	0,00%	67,19%	32,81%
2	2019	0,00%	0,00%	0,00%	63,83%	36,17%
3	2020	0,00%	0,00%	0,00%	60,64%	39,36%
4	2021	0,00%	0,00%	0,00%	57,61%	42,39%
5	2022	0,00%	0,00%	0,00%	54,73%	45,27%
6	2023	0,00%	0,00%	0,00%	51,99%	48,01%
7	2024	0,00%	0,00%	0,00%	49,39%	50,61%
8	2025	0,00%	0,00%	0,00%	46,92%	53,08%
9	2026	0,00%	0,00%	0,00%	44,58%	55,42%
10	2027	0,00%	0,00%	0,00%	42,35%	57,65%
11	2028	0,00%	0,00%	0,00%	40,23%	59,77%
12	2029	0,00%	0,00%	0,00%	38,22%	61,78%
13	2030	0,00%	0,00%	0,00%	36,31%	63,69%
14	2031	0,00%	0,00%	0,00%	34,49%	65,51%
15	2032	0,00%	0,00%	0,00%	32,77%	67,23%
16	2033	0,00%	0,00%	0,00%	31,13%	68,87%
17	2034	0,00%	0,00%	0,00%	29,57%	70,43%
18	2035	0,00%	0,00%	0,00%	28,09%	71,91%
19	2036	0,00%	0,00%	0,00%	26,69%	73,31%
20	2037	0,00%	0,00%	0,00%	25,35%	74,65%
21	2038	0,00%	0,00%	0,00%	24,09%	75,91%
22	2039	0,00%	0,00%	0,00%	22,88%	77,12%
23	2040	0,00%	0,00%	0,00%	21,74%	78,26%
24	2041	0,00%	0,00%	0,00%	20,65%	79,35%
25	2042	0,00%	0,00%	0,00%	19,62%	80,38%
26	2043	0,00%	0,00%	0,00%	18,64%	81,36%
27	2044	0,00%	0,00%	0,00%	17,71%	82,29%
28	2045	0,00%	0,00%	0,00%	16,82%	83,18%
29	2046	0,00%	0,00%	0,00%	15,98%	84,02%
30	2047	0,00%	0,00%	0,00%	15,18%	84,82%
31	2048	0,00%	0,00%	0,00%	14,42%	85,58%
32	2049	0,00%	0,00%	0,00%	13,70%	86,30%
33	2050	0,00%	0,00%	0,00%	13,02%	86,98%
34	2051	0,00%	0,00%	0,00%	12,36%	87,64%
35	2052	0,00%	0,00%	0,00%	11,75%	88,25%
36	2053	0,00%	0,00%	0,00%	11,16%	88,84%
37	2054	0,00%	0,00%	0,00%	10,60%	89,40%
38	2055	0,00%	0,00%	0,00%	10,07%	89,93%
39	2056	0,00%	0,00%	0,00%	9,57%	90,43%
40	2057	0,00%	0,00%	0,00%	9,09%	90,91%
41	2058	0,00%	0,00%	0,00%	8,63%	91,37%
42	2059	0,00%	0,00%	0,00%	8,20%	91,80%
43	2060	0,00%	0,00%	0,00%	7,79%	92,21%
44	2061	0,00%	0,00%	0,00%	7,40%	92,60%
45	2062	0,00%	0,00%	0,00%	7,03%	92,97%
46	2063	0,00%	0,00%	0,00%	6,68%	93,32%
47	2064	0,00%	0,00%	0,00%	6,35%	93,65%
48	2065	0,00%	0,00%	0,00%	6,03%	93,97%
49	2066	0,00%	0,00%	0,00%	5,73%	94,27%
50	2067	0,00%	0,00%	0,00%	5,44%	94,56%

Tabla 59. Resultado de la corrida SIN INTERVENCIÓN en la red vial pavimento rígido– MTOP.



**Figura 55.** Proyección del estado del pavimento de la corrida SIN INTERVENCIÓN en la red vial pavimento rígido – MTOP.

Como se observa en la Tabla 59. y Figura 55. si no se realiza ningún tipo de intervención en la red vial en 21 años más del 75.00 % de los pavimentos se encontraran en estado POBRE.

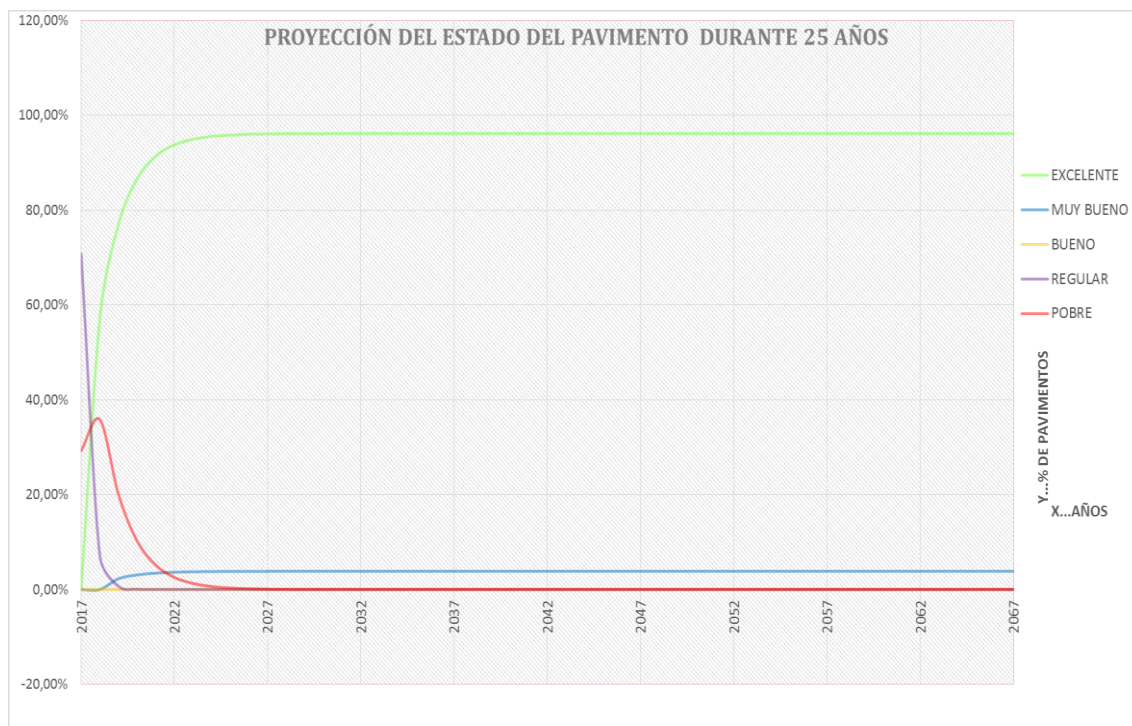


## Segunda corrida – Intervención sugerida por el programa

AÑO 2017	ESTADO	EXCELENTE	MUY BUENO	BUENO	REGULAR	POBRE
# DE AÑOS	ACCIÓN	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	MANTENIMIENTO CORRECTIVO	RECAPEO	REHABILITACIÓN	RECONSTRUCCIÓN
0	2017	0,00%	0,00%	0,00%	70,73%	29,27%
1	2018	57,07%	0,00%	0,00%	7,07%	35,85%
2	2019	76,96%	2,28%	0,00%	0,71%	20,05%
3	2020	86,61%	3,08%	0,00%	0,07%	10,24%
4	2021	91,39%	3,46%	0,00%	0,01%	5,14%
5	2022	93,77%	3,66%	0,00%	0,00%	2,57%
6	2023	94,96%	3,75%	0,00%	0,00%	1,29%
7	2024	95,56%	3,80%	0,00%	0,00%	0,64%
8	2025	95,86%	3,82%	0,00%	0,00%	0,32%
9	2026	96,00%	3,83%	0,00%	0,00%	0,16%
10	2027	96,08%	3,84%	0,00%	0,00%	0,08%
11	2028	96,12%	3,84%	0,00%	0,00%	0,04%
12	2029	96,14%	3,84%	0,00%	0,00%	0,02%
13	2030	96,14%	3,85%	0,00%	0,00%	0,01%
14	2031	96,15%	3,85%	0,00%	0,00%	0,01%
15	2032	96,15%	3,85%	0,00%	0,00%	0,00%
16	2033	96,15%	3,85%	0,00%	0,00%	0,00%
17	2034	96,15%	3,85%	0,00%	0,00%	0,00%
18	2035	96,15%	3,85%	0,00%	0,00%	0,00%
19	2036	96,15%	3,85%	0,00%	0,00%	0,00%
20	2037	96,15%	3,85%	0,00%	0,00%	0,00%
21	2038	96,15%	3,85%	0,00%	0,00%	0,00%
22	2039	96,15%	3,85%	0,00%	0,00%	0,00%
23	2040	96,15%	3,85%	0,00%	0,00%	0,00%
24	2041	96,15%	3,85%	0,00%	0,00%	0,00%
25	2042	96,15%	3,85%	0,00%	0,00%	0,00%
26	2043	96,15%	3,85%	0,00%	0,00%	0,00%
27	2044	96,15%	3,85%	0,00%	0,00%	0,00%
28	2045	96,15%	3,85%	0,00%	0,00%	0,00%
29	2046	96,15%	3,85%	0,00%	0,00%	0,00%
30	2047	96,15%	3,85%	0,00%	0,00%	0,00%
31	2048	96,15%	3,85%	0,00%	0,00%	0,00%
32	2049	96,15%	3,85%	0,00%	0,00%	0,00%
33	2050	96,15%	3,85%	0,00%	0,00%	0,00%
34	2051	96,15%	3,85%	0,00%	0,00%	0,00%
35	2052	96,15%	3,85%	0,00%	0,00%	0,00%
36	2053	96,15%	3,85%	0,00%	0,00%	0,00%
37	2054	96,15%	3,85%	0,00%	0,00%	0,00%
38	2055	96,15%	3,85%	0,00%	0,00%	0,00%
39	2056	96,15%	3,85%	0,00%	0,00%	0,00%
40	2057	96,15%	3,85%	0,00%	0,00%	0,00%
41	2058	96,15%	3,85%	0,00%	0,00%	0,00%
42	2059	96,15%	3,85%	0,00%	0,00%	0,00%
43	2060	96,15%	3,85%	0,00%	0,00%	0,00%
44	2061	96,15%	3,85%	0,00%	0,00%	0,00%
45	2062	96,15%	3,85%	0,00%	0,00%	0,00%
46	2063	96,15%	3,85%	0,00%	0,00%	0,00%
47	2064	96,15%	3,85%	0,00%	0,00%	0,00%
48	2065	96,15%	3,85%	0,00%	0,00%	0,00%
49	2066	96,15%	3,85%	0,00%	0,00%	0,00%
50	2067	96,15%	3,85%	0,00%	0,00%	0,00%

**Tabla 60.** Resultado de la corrida INTERVENCIÓN SUGERIDA POR EL PROGRAMA en la red vial pavimento rígido – MTOP.





**Figura 56.** Proyección del estado del pavimento de la corrida INTERVENCIÓN SUGERIDA POR EL PROGRAMA en la red vial pavimento rígido-MTOP.

De acuerdo a la Tabla 60. y Figura 56. si se realiza el tipo de intervención sugerida por el programa en la red vial en el año de la primera intervención (año 1-2018) el 57.07 % de los pavimentos estarán en estado EXCELENTE.

#### 4.4. PRIORIZACIÓN EN LA INTERVENCIÓN DE LOS PAVIMENTOS

##### 4.4.1. PAVIMENTO FLEXIBLE

Con los datos de las Tabla 42., Tabla 46., y Tabla 50. que muestran las ponderaciones de cada parámetro. Se procede a evaluar el RESULTADO FINAL COMPUESTO, con este valor se obtiene el tipo de mantenimiento para cada vía tomando en cuanto la calificación obtenida.

##### 4.4.1.1. Metodología PCI

De acuerdo a la Tabla 42. donde se observa el tratamiento para cada una de la vías de la red en el sector de El Valle, se puede determinar qué pavimentos tienen prioridad en ser intervenidos, estos son los que tienen un RESULTADO FINAL COMPUESTO más bajo, por lo tanto la vías que deben ser intervenidas primero se muestran en la Tabla 61.



RED VIAL EL VALLE	RESULTADO FINAL COMPUESTO	TRATAMIENTO
CALLE F10	13	RECONSTRUCCIÓN
CALLE F5	24	RECONSTRUCCIÓN
CALLE F9	30	RECONSTRUCCIÓN
CALLE F2	31	RECONSTRUCCIÓN
CALLE F6	32	RECONSTRUCCIÓN
CALLE F3	40	REHABILITACIÓN
CALLE F7	42	REHABILITACIÓN
CALLE F4	51	REHABILITACIÓN
CALLE F11	64	RECAPEO
CALLE F8	72	RECAPEO
CALLE F12	78	MANT. CORRECTIVO
CALLE F1	81	MANT. CORRECTIVO
CALLE F13	100	MANT. PREVENTIVO

**Tabla 61.** Priorización de acuerdo al tipo de tratamiento - PCI.

#### **4.4.1.2. Metodología WINDSHIELD**

De acuerdo a la Tabla 46. se puede determinar qué pavimentos tienen prioridad en ser intervenidos, estos son los que tienen un RESULTADO FINAL COMPUESTO más bajo, por lo tanto la vías que deben ser intervenidas primero se muestran en la Tabla 62.

RED VIAL EL VALLE	RESULTADO FINAL COMPUESTO	TRATAMIENTO
CALLE F10	22	RECONSTRUCCIÓN
CALLE F6	25	RECONSTRUCCIÓN
CALLE F5	27	RECONSTRUCCIÓN
CALLE F2	28	RECONSTRUCCIÓN
CALLE F9	36	RECONSTRUCCIÓN
CALLE F3	44	REHABILITACIÓN
CALLE F7	46	REHABILITACIÓN
CALLE F4	55	REHABILITACIÓN
CALLE F11	73	RECAPEO
CALLE F8	75	MANT. CORRECTIVO





CALLE F12	88	MANT. PREVENTIVO
CALLE F1	88	MANT. PREVENTIVO
CALLE F13	100	MANT. PREVENTIVO

**Tabla 62.** Priorización de acuerdo al tipo de tratamiento - Windshield.

#### 4.4.1.3. Metodología MTOP

De acuerdo a la Tabla 50. se puede determinar qué pavimentos tienen prioridad en ser intervenidos, estos son los que tienen un RESULTADO FINAL COMPUESTO más bajo, por lo tanto la vías que deben ser intervenidas primero se muestran en la Tabla 63.

RED VIAL EL VALLE	RESULTADO FINAL COMPUESTO	TRATAMIENTO
CALLE F10	17	RECONSTRUCCIÓN
CALLE F4	23	RECONSTRUCCIÓN
CALLE F2	28	RECONSTRUCCIÓN
CALLE F3	30	RECONSTRUCCIÓN
CALLE F5	32	RECONSTRUCCIÓN
CALLE F9	38	RECONSTRUCCIÓN
CALLE F7	39	REHABILITACIÓN
CALLE F6	42	REHABILITACIÓN
CALLE F11	42	REHABILITACIÓN
CALLE F13	47	REHABILITACIÓN
CALLE F8	47	REHABILITACIÓN
CALLE F12	48	REHABILITACIÓN
CALLE F1	64	RECAPEO

**Tabla 63.** Priorización de acuerdo al tipo de tratamiento - MTOP.

### 4.5. JERARQUIZACIÓN DE LAS INTERVENCIONES

#### 4.5.1. UNIDADES DE COSTO (UC)

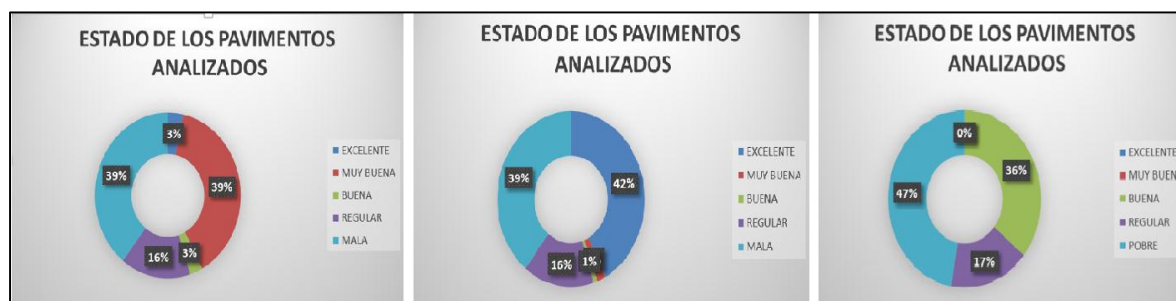
Las unidades de costo que se van a tomar en cada tipo de mantenimiento tanto para pavimentos flexibles, como para pavimento rígidos, fueron obtenidos utilizando datos reales y calculando el costo de cada mantenimiento de una vía y haciendo una relación tomando como referencia que el mantenimiento preventivo tiene una unidad de costo(UC) de 1.

#### 4.5.1.1. PAVIMENTOS FLEXIBLES

Para el siguiente análisis se debe toma en cuenta que realizar un mantenimiento o una intervención a tiempo a los pavimentos flexible tiene muchos beneficios tanto en lo económico como en lo óptimo, en la siguientes tablas se muestran las variaciones de unidades de costo (UC) para cada método.

Las unidades de costo son el resultado de la multiplicación de unidades las mismas que describen el costo del estado de los pavimentos por el porcentaje (%) de los mismos en dicho estado.

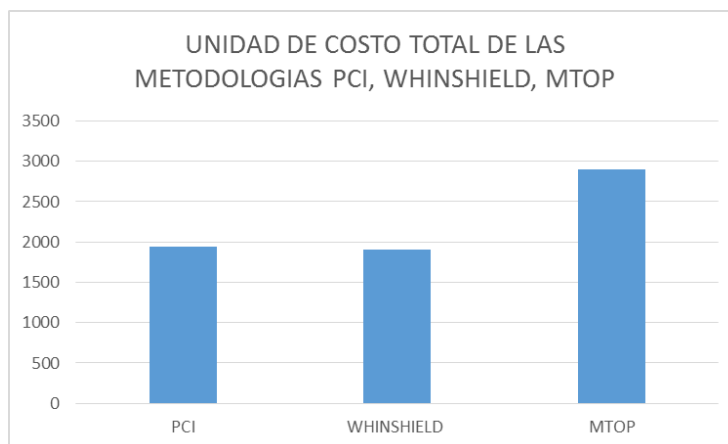
En la Tabla 64. se observa las unidades de costo (UC) implementando las intervenciones óptimas para cada estado de la red pavimentos que se darían en el año 2018 para las diferentes metodologías evaluadas: PCI, WINDSHIELD, MTOP.



**Figura 57.** Estados de los pavimentos flexibles analizados-PCI-Windshield-MTOP.

UNIDAD DE COSTO DE LOS PAVIMENTOS FLEXIBLES PARA EL AÑO 2018					
			MÉTODO PCI	MÉTODO WHISHIELD	MÉTODO MTOP
ESTADO	UNIDADES	INTERVENCIONES	UNIDAD DE COSTO	UNIDAD DE COSTO	UNIDAD DE COSTO
Excelente	1	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	3,37	42,19	0
Muy buen	1,1	MANTENIMIENTO CORRECTIVO	42,71	2,068	0
Bueno	20,5	RECAPEO	59,04	20,5	736,155
Regular	26,3	REHABILITACION	407,65	407,65	444,996
Pobre	36,3	RECONSTRUCCION	1430,35	1431,31	1712,27
TOTAL=			1943,12	1903,718	2893,421

**Tabla 64.** Comparación unidades de costo (UC) de los pavimentos flexibles entre las diferentes metodologías.



**Figura 58.** Porcentaje de Unidad de Costo para pavimento flexible- Metodologías PCI, WINDSHIELD, MTOP.

En la Figura 58. se observa el resultado final de las unidades de costo(UC) para las distintas metodologías, teniendo como resultado que la metodología Windshield es la más económica ya que presenta una unidad de costo de 1943,12 comparando con la metodología MTOP el cual tiene una unidad de costo de 2893,42, es decir el costo que se daría si la red de pavimentos fuese evaluada con MANUAL DE ACREDITACIÓN VIAL es 1.5 veces más al costo que se daría si la red sería evaluada con el manual WHINSHIELD , con esto se puede que el método de evaluación MTOP no es eficiente ya que está destinado para evaluar vías interestatales y no para una red de pavimentos, así que utilizar este método para las futuras intervenciones sería un gasto muy elevado, por lo tanto no es óptimo, que es lo que se busca en una OPTIMIZACIÓN.

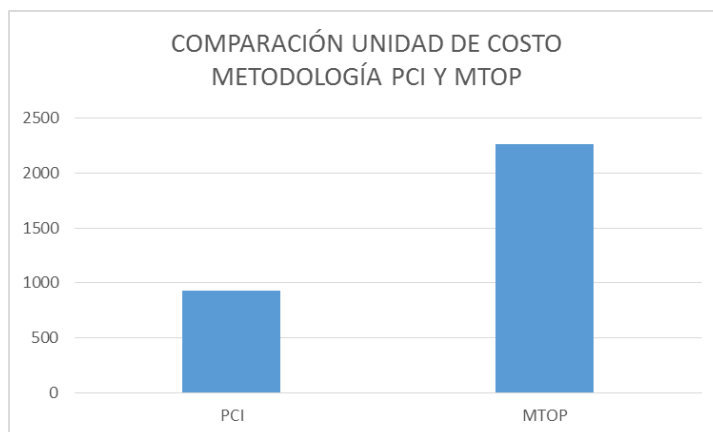
#### 4.5.1.2. PAVIMENTOS RÍGIDOS



**Figura 59.** Estados de los pavimentos rígidos analizados-PCI-Windshield-MTOP.

UNIDAD DE COSTO DE LOS PAVIMENTO RÍGIDOS PARA EL AÑO 2018				
ESTADO	UNIDADES	INTERVENCIONES	MÉTODO PCI UNIDAD DE COSTO	MÉTODO MTOP UNIDAD DE COSTO
Excelente	1	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	0	0
Muy bueno	4	MANTENIMIENTO CORRECTIVO	282,92	0
Bueno	9,6	RECAPEO	0	0
Regular	22	REHABILITACION	643,34	1556,06
Pobre	24	RECONSTRUCCION	0	702,48
TOTAL=			926,26	2258,54

**Tabla 65.** Comparación unidades de costo (UC) de los pavimentos rígidos entre las diferentes metodologías.



**Figura 60.** Porcentaje de Unidad de Costo para pavimento rígidos- Metodologías PCI, WINDSHIELD, MTOP.

En la Figura 60. se observa el resultado final de las unidades de costo(UC) para las distintas metodologías, teniendo como resultado que la PCI es la más económica ya que presenta una unidad de costo de 926.26 comparando con la metodología MTOP el cual tiene una unidad de costo de 2258.54, es decir el costo que se daría si la red de pavimentos fuese evaluada con MANUAL DE ACREDITACIÓN VIAL es 2.4 veces más al costo que se daría si la red sería evaluada con el método PCI, con esto se puede que el método de evaluación MTOP no es eficiente ya que está destinado para evaluar vías interestatales y no para una red de pavimentos, así que utilizar este método para las futuras intervenciones sería un gasto muy elevado, por lo tanto no es óptimo, que es lo que se busca en una OPTIMIZACIÓN.

## 4.5.2. ANÁLISIS DE COSTOS

### 4.5.2.1. PAVIMENTOS FLEXIBLES

Para el siguiente análisis del costo real total de cada intervención que necesita cada calle de la red de pavimentos flexibles analizados, usaremos el costo unitario de los diferentes tipos de ejecuciones por cada tipo de intervención, los mismos que se presentan en la Tabla 66.

TABLA DE COSTOS UNITARIOS PARA CADA TIPO DE INTERVENCIÓN PAVIMENTOS FLEXIBLES									
MANTENIMIENTO PREVENTIVO		MANTENIMIENTO CORRECTIVO		RECAPEO		REHABILITACIÓN		RECONSTRUCCIÓN	
LIMPIEZA DE ALCANTARIL	18,09 m3	LIMPIEZA DE ALCANTARILL	18,09 m3	60 mm DE CA ASFALTICA	112,53 m3	CAPA DE RODADURA DE HORMIGON	8,67 m2	SUBBASE CLASE 1 (150mm)	17,22m3
LIMPIEZA DE CUNETAS	5,43 m3	LIMPIEZA DE CUNETAS	5,43 m3					BASE CLASE 1 (150mm)	17,36 m3
BACHEO ME	137,60 m3	BACHEO MEN	137,60 m3					60MM DE CARPETA ASFALTICA	12,53 m3
		SELLO DE GRI	0,70 m						
		SELLO ASFAL	2,08 m2						
		REPARACION	8,67 m2						
		ESPESOR DAÑ							
		TRATAMIENT SUPERFICIAL	2,60 m2						

**Tabla 66.** Costos Unitarios pavimento flexible para las diferentes ejecuciones en los tratamientos.



En la Tabla 67., Tabla 68, y Tabla 69. se presentan el costo parcial y total de las intervenciones realizadas de acuerdo a las sugeridas por el programa para cada metodología evaluada, con el objetivo de poder comparar, analizar y tomar decisiones.

	COSTOS DE MANTENIMIENTO UTILIZANDO LA EVALUACION PCI												
	CALLE F1	CALLE F2	CALLE F3	CALLE F4	CALLE F5	CALLE F6	CALLE F7	CALLE F8	CALLE F9	CALLE F10	CALLE F11	CALLE F12	CALLE F13
ÁREA (m2)	13277	10395	3115	1548	1577	1800	1068	694,28	332,57	471,06	370,86	1080	1242
MANTENIMIENTO PREVENTIVO (\$)													408,48
MANTENIMIENTO CORRECTIVO (\$)	4806,01											390,72	
RECAPEO (\$)								4687,605945			2503,972548		
REHABILITACIÓN (\$)			27007,05	13421,16			9259,56						
RECONSTRUCCIÓN (\$)		124103,83			18827,49	21489,84			3970,49	5623,89			
Costo total de la red de Pavimentos =										236500,09	\$		
Costo total + mano de obra =										288530,11	\$		

**Tabla 67.** Costo total de la red de pavimentos - Metodología PCI.

	COSTOS DE MANTENIMIENTO UTILIZANDO LA EVALUACION WHINSHIELD												
	CALLE F1	CALLE F2	CALLE F3	CALLE F4	CALLE F5	CALLE F6	CALLE F7	CALLE F8	CALLE F9	CALLE F10	CALLE F11	CALLE F12	CALLE F13
ÁREA (m2)	13277	10395	3115	1548	1577	1800	1068	694,28	332,57	471,06	370,86	1080	1242
MANTENIMIENTO PREVENTIVO (\$)	4369,1											355,2	408,48
MANTENIMIENTO CORRECTIVO (\$)								251,17					
RECAPEO (\$)													
REHABILITACIÓN (\$)			27007,05	13421,16			9259,56				2503,972548		
RECONSTRUCCIÓN (\$)		124103,83			18826,23	21488,40			3970,49	5623,89			
Costo total de la red de Pavimentos =										231588,52	\$		
Costo total + mano de obra =										282537,997	\$		

**Tabla 68.** Costo total de la red de pavimentos - Metodología Windshield

	COSTOS DE MANTENIMIENTO UTILIZANDO LA EVALUACION MTOP												
	CALLE F1	CALLE F2	CALLE F3	CALLE F4	CALLE F5	CALLE F6	CALLE F7	CALLE F8	CALLE F9	CALLE F10	CALLE F11	CALLE F12	CALLE F13
ÁREA (m2)	13277	10395	3115	1548	1577	1800	1068	694,28	332,57	471,06	370,86	1080	1242
MANTENIMIENTO PREVENTIVO (\$)													
MANTENIMIENTO CORRECTIVO (\$)													
RECAPEO (\$)	89643,65												
REHABILITACIÓN (\$)						15606	9259,56	6019,36425			3215,3562	9363,6	10768,14
RECONSTRUCCIÓN (\$)		124103,83	37189,362	18481,2624	18827,4876				3970,48672	5623,89113			
Costo total de la red de Pavimentos =										342477,61	\$		
Costo total + mano de obra =										417822,681	\$		

**Tabla 69.** Costo total de la red de pavimentos - Metodología MTOP.

#### 4.5.2.2. PAVIMENTOS RÍGIDOS

Para el siguiente análisis del costo real total de cada intervención que necesita cada calle de la red de pavimentos rígidos analizados, usaremos el costo unitario de los diferentes tipos de ejecuciones por cada tipo de intervención, los mismos que se presentan en la Tabla 70.

TABLA DE COSTOS UNITARIOS PARA CADA TIPO DE INTERVENCIÓN PAVIMENTOS RÍGIDOS					
MANTENIMIENTO PREVENTIVO	MANTENIMIENTO CORRECTIVO		RECAPEO	REHABILITACIÓN	RECONSTRUCCIÓN
LIMPIEZA DE ALCANTARILLAS	18,09 / m3	LIMPIEZA DE ALCANTARILLAS	18,09 / m3	REPOSICION DE LOS EN MAL ESTADO (EL ESPESOR)	REPARACIÓN DE TODO EL ESPESOR (10cm)
LIMPIEZA DE CUNETAS	5,43 / m3	LIMPIEZA DE CUNETAS	5,43 / m3		
		SELLADO DE JUNTAS Y GRIETAS	3,90 / losa / m/ m2		
		INSTALAR TUBERÍA EN EL PAVIMENTO	19,83 / m		
		RANURADO DE LA SUPERFICIE	12 / losa / m2		
					SUBBASE (100mm)
					REPOSICIÓN DE TODA LA LOSA DE HORMIGÓN
					17,22 / m3
					96,84 / m3

**Tabla 70.** Costos Unitarios pavimento rígido para las diferentes ejecuciones en los tratamientos.



En la Tabla 71., y Tabla 72. se presentan el costo parcial y total de las intervenciones realizadas de acuerdo a las sugeridas por el programa para cada metodología evaluada, con el objetivo de poder comparar, analizar y tomar decisiones.

	COSTOS DE MANTENIMIENTO PCI	
	CALLE R1	CALLE R2
ÁREA (m2)	1014	419,68
MANTENIMIENTO PREVENTIVO (\$)		
MANTENIMIENTO CORRECTIVO (\$)	3668,93	
RECAPEO (\$)		
REHABILITACIÓN (\$)		8260,98112
RECONSTRUCCIÓN (\$)		
	COSTO TOTAL DE LA INTERVENCIÓN (\$)	
	11929,9111	
	COSTO TOTAL + MANO DE OBRA(\$)	
	14435,1925	

**Tabla 71.** Costo total de la red de pavimentos - Metodología PCI.

	COSTOS DE MANTENIMIENTO MTOP	
	CALLE R1	CALLE R2
ÁREA (m2)	1014	419,68
MANTENIMIENTO PREVENTIVO (\$)		
MANTENIMIENTO CORRECTIVO (\$)		
RECAPEO (\$)		
REHABILITACIÓN (\$)	19959,576	
RECONSTRUCCIÓN (\$)		8983,67
	COSTO TOTAL DE LA INTERVENCIÓN (\$)	
	28943,25	
	COSTO TOTAL + MANO DE OBRA(\$)	
	35021,3278	

**Tabla 72.** Costo total de la red de pavimentos - Metodología MTOP.

De acuerdo al análisis de costos aplicando la metodología (luego de los proceso de optimización, priorización y jerarquización) más apropiada se compara con el presupuesto que maneja el GAD de El Valle para el año 2018 que es de \$ 521 160.00. Las intervenciones en los pavimentos flexibles tienen un valor de \$282 537.99 (Método Windshield) y las intervenciones en los pavimentos rígidos tienen un costo de \$14 435. 19 (Método PCI), lo cual está dentro del presupuesto.

**Nota:** Para las vías no pavimentadas se debe seguir el mismo proceso de optimización, priorización y jerarquización para determinar las intervenciones correctas y el costo.

En la Tabla 73. Se muestra la matriz de solución final para las diferentes familias de pavimentos.



ID Vía	PCI				Windshield				MTOP			
	RFC	Clasificación	Intervención	Costo (\$)	RFC	Clasificación	Intervención	Costo (\$)	RFC	Clasificación	Intervención	Costo (\$)
F1	81	Bueno	Recapeo	4806.01	88	Excelente	Preventivo	4369.10	64	Bueno	Recapeo	89643.65
F2	31	Malo	Reconstrucción	124103.83	28	Malo	Reconstrucción	124103.83	28	Malo	Reconstrucción	124103.83
F3	40	Regular	Rehabilitación	27007.05	44	Regular	Rehabilitación	27007.05	30	Malo	Reconstrucción	37189.36
F4	51	Regular	Rehabilitación	13421.16	55	Regular	Rehabilitación	13421.16	23	Malo	Reconstrucción	18481.26
F5	24	Malo	Reconstrucción	18827.49	27	Malo	Reconstrucción	18827.49	32	Malo	Reconstrucción	18827.49
F6	32	Malo	Reconstrucción	21489.84	25	Malo	Reconstrucción	21489.84	42	Regular	Rehabilitación	15606.00
F7	42	Regular	Rehabilitación	9259.56	46	Regular	Rehabilitación	9259.56	39	Malo	Reconstrucción	9259.56
F8	72	Bueno	Recapeo	4687.61	75	Bueno	Recapeo	251.17	47	Regular	Rehabilitación	6019.36
F9	30	Malo	Reconstrucción	3970.49	36	Malo	Reconstrucción	3970.49	38	Malo	Reconstrucción	3970.49
F10	13	Malo	Reconstrucción	5623.89	22	Malo	Reconstrucción	5623.89	17	Malo	Reconstrucción	5623.89
F11	64	Bueno	Recapeo	2503.97	73	Bueno	Recapeo	2503.97	42	Regular	Rehabilitación	3215.36
F12	78	Muy Bueno	Correctivo	390.72	88	Excelente	Preventivo	355.20	48	Regular	Rehabilitación	9363.60
F13	100	Excelente	Preventivo	408.48	96	Excelente	Preventivo	408.48	47	Regular	Rehabilitación	10768.14

**Tabla 73.** Matriz de solución final para las diferentes familias de pavimentos- El Valle



# CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

## 5.1. CONCLUSIONES

- Se ha logrado evaluar la condición de una red de pavimentos en el sector de El Valle utilizando las metodologías PCI, WINDSHIELD, MTOP, definiendo la aplicabilidad de cada una de ellas logrando crear un sistema de gestión que incluye: Inventario, evaluación de acuerdo a las diferentes metodologías, determinación de la condición, optimización, priorización y jerarquización en función de las diferentes familias de pavimentos de la red analizada para implementar soluciones de intervención acordes al presupuesto que maneja la autoridad del GAD parroquial. Además se ha evaluado la condición de vías no pavimentadas que pertenecen a la red vial mediante los métodos URCI Y PASER.
- Para el proceso de evaluación de la condición se ha analizado 13 vías con capa de rodadura asfáltica, 2 vías con capa de rodadura de concreto hidráulico y 8 vías sin capa de rodadura (no pavimentadas), utilizando los diferentes manuales de acorde a cada normativa técnica establecidos para cada metodología.
- De acuerdo a los resultados de las metodologías evaluadas en campo para pavimentos flexibles, se puede decir que el método Windshield es el método más adecuado en cuanto a tiempo de toma de datos, costo de intervención, con resultados confiables y coherentes del estado del pavimento, pero al ser una evaluación de parabrisas, no permite obtener la exactitud de fallas que presentan las vías, por otro lado la metodología PCI presenta resultados de campo similares al método Windshield, con la diferencia de que este método presenta la magnitud real de las fallas en los pavimentos, pero el tiempo de evaluación es mucho más extenso y el costo de intervención de la red es más elevado, en cuanto a la metodología MTOP es el método menos eficiente en costo de intervención, con resultados incongruentes con respecto al estado de la red, ya que solo el 12% de esta metodología está destinado a evaluar la superficie del pavimento, este último método de evaluación es apropiado para determinar la condición de vías interestatales mas no para una red de pavimentos de una parroquia.





- Para la red de pavimentos flexibles analizada, de acuerdo al valor del RESULTADO FINAL COMPUESTO, se determinó el estado de la red, para la metodología Windshield, que es la más adecuada para la red vial de El Valle, obteniendo como resultados que el 42% se encuentra en estado Excelente, el 2% Muy Bueno, el 1% Bueno, el 16% Regular y el 39% en Pobre condición.
- Para la intervención en los pavimentos flexibles y rígidos debe realizarse primero la evaluación correcta del estado del pavimento, luego elegir el tipo de tratamiento adecuado de acuerdo a la condición real del pavimento para que de esta manera los costos serán los apropiados y el estado de la vía proporcionara al usuario la circulación adecuada, seguridad y confort en el viaje.
- Se han planteado resultados de intervención para cada metodología, y se han priorizado los pavimentos que están en peor estado hasta llegar a las vías en buen estado, esta priorización esta de acorde al deterioro acelerado que se dan en las vías en con baja calificación, por lo que se debe tomar las medidas necesarias para que no empeore el estado que ya de por si es malo. Y para las vías que están en condiciones deseables, brindar el mantenimiento adecuado para que sigan en las mismas condiciones.
- Con los resultados de costos de intervención para pavimentos flexibles para cada metodología, el método Windshield es el más económico para realizar una intervención teniendo un costo de \$282.537,99 , seguido por la metodología PCI con un costo de \$288.530,11 y por último el método MTOP con un costo de \$417.822,68, la diferencia de costo entre las metodologías Windshield y MTOP es 1.5 veces más por parte del MTOP por lo que implementar este último método es inadecuado en cuanto a lo económico.
- En cuanto a los resultados de costos de intervención para pavimentos rígidos, el método PCI es el más económico comparado con la metodología MTOP, obteniendo que el costo del primer método es de \$14.435,19 y para el segundo método respectivamente es de \$35.021,32, siendo este último 2.5 veces mayor que la metodología PCI, por lo que no es óptimo en un sistema de gestión vial.
- Según los datos obtenidos por el Presidente del GAD MUNICIPAL EL VALLE, el presupuesto anual para mantenimiento de vías es de \$521 160.00 el mismo que alcanzaría para realizar las intervenciones antes mencionadas, de acuerdo al



método que se obtuvo en la gestión vial realizada en la de pavimentos, pero hay que tomar en cuenta que este presupuesto es para toda la parroquia de El Valle y la red evaluada es solo una pequeña área. Se podía seguir la metodología establecida en este trabajo de titulación para obtener las soluciones más óptimas en el resto de la parroquia.

## 5.2. RECOMENDACIONES

Los valores del índice de la metodología Windshield son similares a los del PCI, por lo tanto se recomienda para parroquias pequeñas implementar la metodología Windshield para evaluar la condición del pavimento por el tiempo y resultados que se obtienen. Ya que si tomamos en cuenta que es el en el Ecuador la mayoría de evaluaciones se realizan por el PCI, el método Windshield sería una alternativa una alternativa muy confiable y precisa, ya que no requiere equipo especializado, solo el correcto uso del manual y un criterio técnico adecuado.

Para la evaluación del estado de vías en parroquias, ciudades, cantones es decir poblaciones pequeñas donde se encuentren red de pavimentos se recomienda excluir por completo la metodología MTOP, ya que lo mantenimiento que propone esta metodología para una red el costo es muy elevado ,además los resultados varían de manera considerable con relación a los dos métodos evaluados, ya que este manual se hizo de considerando vías interestatales es decir vías que conectan ciudades , estados es decir vías con longitudes extensas.

Con los resultados obtenidos en esta evaluación de la red de pavimentos en el sector de EL VALLE se recomienda a las autoridades del GAD municipal tomar en consideración el tipo de intervenciones de cada vía ya que la mayoría de pavimentos se encuentran en mal estado, ya que son vías muy importantes en el sector en cuanto al comercio, economía, educación.

Ya que el municipio del GAD cuenta con el presupuesto anual suficiente para realizar las intervenciones sugeridas, se recomienda por lo menos intervenir las vías que están en estado pobre ya que al pasar el tiempo estarán completamente fallados y el costo será mucho más elevado.



## BIBLIOGRAFÍA

American Association of State Highway, & Transportation Officials. (1993). AASHTO Guide for Design of Pavement Structures, 1993 (Vol. 1). AASHTO.

Apolinario, E. 2013. "Innovación del método VIZIR en estrategias de conservación y mantenimiento de carreteras con bajo volumen de tránsito." *Bogotá, Colombia*.

<http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/1315>

Ávila Redrovan, E., & Albarracín Llivisaca, F. (2014). Evaluación de pavimentos en base a métodos no destructivos y análisis inverso, caso de estudio vía Chicti-Sevilla de Oro (Bachelor's thesis).

Bazants, J., & Gutiérrez, A. (1983). Manual de criterios de diseño urbano. Editorial Trillas.

Bull, A., & Schliessler, A. (1994). Un nuevo enfoque para la gestión y conservación de redes viales.

<http://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/30314/S9400166.pdf?sequence=1>

Cárdenas Robles, J. N. 2012. "Estudio comparativo de metodologías de relevamiento de fallas en caminos no pavimentados." Universidad Ricardo Palma. Lima, Perú.

<http://cybertesis.urp.edu.pe/handle/urp/426>

Carpio Carrera, F. P. (2017). Sistema institucional para la gestión de estrategias de planificación y conservación de caminos rurales en la provincia del Azuay (Master's thesis).

<http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/28465>

Choque Sánchez, H. M. (2012). Evaluación de Aditivos Químicos en la Eficiencia de la Conservación de Superficies de Rodadura en Carreteras no Pavimentadas.

<http://repositorio.uni.edu.pe/handle/uni/1285>



Granda, I. A. Y. (2016). Gestión y conservación de pavimentos flexibles a través del índice de desempeño pci en el entorno del distrito de surquillo lima. [repositorio.unp.edu.pe/bitstream /handle/UNP/568/CIV-YES-GRA-16.pdf?sequence=1](http://repositorio.unp.edu.pe/bitstream/handle/UNP/568/CIV-YES-GRA-16.pdf?sequence=1)

Hansen, Talmage, Daniel Mogrovejo, and Gaoqiang Zhang. 2011. "VT Parking Lot PMS Report." Virginia.

Hernán de Solminihac, T. (2001). Gestión de infraestructura vial. Ediciones Universidad Católica de Chile.

Hernán de Solminihac, T. (2005) " Gestión de infraestructura vial". 3° edición. Alfaomega. Colombia.

Iturbide, J. C. (2002). Manual centroamericano para diseño de pavimentos. SIECA. Guatemala.  
[http://sistemamid.com/panel/uploads/biblioteca/2014-04-29\\_02-56-4598388.pdf](http://sistemamid.com/panel/uploads/biblioteca/2014-04-29_02-56-4598388.pdf)

Kohan, Diana. 2014. "Cadenas de Markov." *Métodos Estadísticos En Ciencias de La Vida*. [http://www.bioingenieria.edu.ar/academica/catedras/metestad/Cadenas de Markov- 1.pdf](http://www.bioingenieria.edu.ar/academica/catedras/metestad/Cadenas%20de%20Markov-1.pdf)

Maylin, C. B. Ernesto Urbaez, Gustavo Corredor. "Manual de Evaluación de Pavimentos". Universidad Nacional de Ingeniería. Perú. 2009.  
<https://es.scribd.com/document/63147123/Manual-de-Evaluacion1>

Menéndez, J. R. (2003). Mantenimiento rutinario de caminos con microempresas. International Labour Organization, Lima, Perú (in Spanish).  
<http://www.ilo.org/public/spanish/employment/recon/eiip/download/mcrmantec.pdf>

MINISTERIO DE TRASPORTES Y OBRAS PÚBLICAS MTOP (ECUADOR, 2012). Manual de Acreditación de las vías de la red estatal de carreteras.

MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES (Lima, 2006). Manual técnico de mantenimiento rutinario para la red vial departamental no pavimentada. Dirección General de Caminos y Ferrocarriles del Ministerio de Transportes y Comunicaciones.



MINISTERIO DE TRANSPORTES KY COMUNICACIONES (PERU, 2013).  
Manual de Carreteras y Especificaciones Técnicas Generales Para la Construcción.

MINISTERIO DE TRANSPORTE Y COMUNICACIONES. Manual de diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito. Lima. Pág.24. Año 2008.  
Montejo Fonseca, Alfonso. 2006. *INGENIERÍA DE PAVIMENTOS PARA CARRETERAS*. Edited by Universidad Católica de Colombia Ediciones y Publicaciones. Segunda Ed. Bogotá. doi:9789589761786 9789589761793 9789589784006.

Montoya Goicochea, J. E. (2007). Implementación del Sistema de Gestión de Pavimentos con Herramienta HDM-4 para la Red Vial Nro.5 Tramo Ancón- Huacho- Pativilca.  
<http://cybertesis.urp.edu.pe/handle/urp/137>

Orozco y Orozco, Juan Manuel, Rodolfo Téllez Gutiérrez, Ricardo Solorio Murillo, Alfonso Pérez Salazar, María Ariadna Sánchez Loo, and Sandra Torras Ortiz. 2004. “Sistema de Evaluación de Pavimentos” Sanfandila.

Paterson, W. D. (1987). Road deterioration and maintenance effects: Models for planning and management.

Pereda Huamán, C. V. (2014). Índice de condición de pavimento de la carretera Cajamarca-La Colpa. <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/498>

Prezioso, R. (2010). Virginia Department of Transportation. VDOT. 2006. “State of the Pavement-2006-Interstate and Primary Flexible Pavements.” Virginia Department of Transportation. Asset Management Division.  
[www.vdot.virginia.gov/info/resources/2Main\\_Report\\_ofStateofPav2009.pdf](http://www.vdot.virginia.gov/info/resources/2Main_Report_ofStateofPav2009.pdf)

Ritchie, S. G., Yeh, C. I., Mahoney, J. P., & Jackson, N. C. (1987). Surface condition expert system for pavement rehabilitation planning. Journal of transportation engineering, 113(2), 155-167.  
[https://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/\(ASCE\)0733-947X\(1987\)113:2\(155\)](https://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/(ASCE)0733-947X(1987)113:2(155))

Rodríguez, R. (2011). “Modelo de Gestión de Conservación Vial para reducir los costos de Mantenimiento Vial y Operación Vehicular en los Caminos Rurales de las



Poblaciones de Riobamba, San Luis, Punín, Flores, Cebadas de la Provincia de Chimborazo". <http://repo.uta.edu.ec/handle/123456789/2199> (Fecha de consulta: 29.07.2014).

Rojo, Horacio, Miguel Miranda. 2009. "Cadenas de Markov." *Universidad de Buenos Aires*. Vol. 21. [http://campus.fi.uba.ar/pluginfile.php/63215/mod\\_resource/content/0/Markov\\_y\\_Colas/Apunte\\_Markov.pdf](http://campus.fi.uba.ar/pluginfile.php/63215/mod_resource/content/0/Markov_y_Colas/Apunte_Markov.pdf).

Shahin M. Y., and Kohn S. D. 1981. "Pavement Management for Roads and Parking Lots". Technical Report M-294. U. S. Army Construction Engineering Laboratory.

Sierra Diaz, Cristian Camilo, and Andres Felipe Rivas Quintero. 2016. "Aplicación y comparación de las diferentes metodologías de diagnóstico para la conservación y mantenimiento del tramo pr 00+000 – pr 01+020 de la vía al llano (dg 78 bis sur – calle 84 sur) en la upz yomasa cristian." Universidad Católica de Colombia. <http://repository.ucatolica.edu.co:8080/jspui/bitstream/10983/13987/4/TRABAJODEGRADOVIZIRYPCI2016.pdf>.

Solano, J. (2014). Evaluación del estado actual del pavimento rígido en el Jirón Junín

Vásquez, Ricardo. 2002. "Pavement Condition Index (PCI) Para Pavimentos Asfálticos Y de Concreto En Carreteras." Manizales. <http://www.camineros.com/docs/cam036.pdf>.

Victoria, Román. 2015. "Técnicas de Jerarquización Y Priorización." Prezi. <https://prezi.com/sfmj2wune9tx/tecnicas-de-jerarquizacion-y-priorizacion/#>.

2011. D 6433-11-Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys.

ASTM International, issued 2011. doi:10.1520/D6433-11.2.



## ANEXO A. METODOLOGÍAS DE LOS PAVIMENTOS FLEXIBLES

**Tabla 74. Formato Metodología PCI**



Tabla 75.Cálculo PCI Calle F1

		<b>UNIVERSIDA DE CUENCA</b>	
		EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI) CARRETERAS CON SUPERFICIE ASFÁLTICA	
ID de la vía: F2		ESQUEMA: 	
Evaluado por: Becerra A. Sánchez P.			
Fecha: 1/Nov/2017			
Longitud: 5495.00 m			
Ancho de Carretera: 7.00 m			
PABLO SEBASTIÁN SÁNCHEZ REINOSO			
1 Piel de Cocodrilo		11 Parcheo	
2 Exudación		12 Pulverización de Agregados	
3 Agrietamiento en bloque		13 Huecos	
4 Abultamiento y Hundimiento		14 Cruce de vía Férrea	
5 Corrugación		15 Ahuellamiento	
6 Depresión		16 Desplazamiento	
7 Grieta de Borde		17 Grieta Parabólica (slippage)	





Tabla 76. Cálculo PCI Calle F2

 UNIVERSIDAD DE CUENCA Escuela de Ingeniería		<b>UNIVERSIDA DE CUENCA</b>	
		EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI) CARRETERAS CON SUPERFICIE ASFÁLTICA	
<b>ID de la vía:</b> F3 (Vía a Las Palmas)		<b>ESQUEMA:</b> 	
<b>Evaluated por:</b> Becerra A. Sánchez P.			
<b>Fecha:</b> 30-oct-17			
<b>Longitud:</b> 445.00 m			
<b>Ancho de carril:</b> 7.00 m			
<b>ANALISTA:</b> ANDRÉS ESTEBAN BECERRA DELGADO DARLO SEBASTIÁN SÁNCHEZ REINOSO		a 181	
1 Piel de Cocodrillo 2 Exudación 3 Agrietamiento en bloque 4 Abultamiento y Hundimiento 5 Corrugación 6 Depresión		11 Parcheo 12 Pulimiento de Agregado; 13 Huecos 14 Cruce de vía Férrea 15 Ahuellamiento 16 Desplazamiento	



Tabla 77. Cálculo PCI Calle F3



 UNIVERSIDAD DE CUENCA Cuenca, Ecuador	<b>UNIVERSIDA DE CUENCA</b>	
EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI) CARRETERAS CON SUPERFICIE ASFÁLTICA		
ID de la vía:	F4 (Vía tras Colegio GM)	<b>ESQUEMA:</b> 
Evaluated por:	Becerra A. Sánchez P.	
ANALISTA:	ANDRÉS ESTEBAN BECERRA DELGADO	
PALEADOR:	SEBASTIÁN SÁNCHEZ REINOSO	
Longitud: 258.00 m		182
Ancho de Carro: 6.50 m		
TIPOS DE FALLAS		
1 Piel de Cocodrilo 2 Exudación 3 Agrietamiento en bloque 4 Abultamiento y Hundimiento	11 Pandeo 12 Pulimiento de Agregados 13 Huecos 14 Cruce de vía Férrea	



Tabla 78.Cálculo PCI Calle F4

 UNIVERSIDAD DE CUENCA	
EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI) CARRETERAS CON SUPERFICIE ASFÁLTICA	
ID de la vía: F5 (Vía a Monay)	ESQUEMA:
Eval. por: <b>ANDRÉS FERRER CERRA DELGADO</b>	
Fecha: 31 oct-17	
Longitud: 0.6 Km	
Ancho de Carril: 9.50 m	
TIPOS DE FALLAS	
1 Piel de Cocodrilo	11 Parcheo
2 Exudación	12 Pulimiento de Agregado:
3 Aprietamiento en bloque	13 Huecos



Tabla 79. Cálculo PCI Calle F5

 UNIVERSIDAD DE CUENCA FUNDADA 1907	<b>UNIVERSIDA DE CUENCA</b>	
EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI) CARRETERAS CON SUPERFICIE ASFÁLTICA		
ID de la vía: F6 (Vía a Parque Central 1)		<b>ESQUEMA:</b> 
Evaluado por: Becerra A. Sánchez P.		
Fecha: 09 nov 27		
Elaborado por: SEBASTIÁN SÁNCHEZ REINOSO		
Ancho de Carril: 6.00 m		
<b>TIPOS DE FALLAS</b>		
1 Piel de Cocodrilo	11 Parcheo	
2 Exudación	12 Pulverización de Agregados	
3 Agrietamiento en bloque	13 Huecos	
4 Abultamiento u hundimiento	14 Fouca de la Edra	



Tabla 80. Cálculo PCI Calle F6


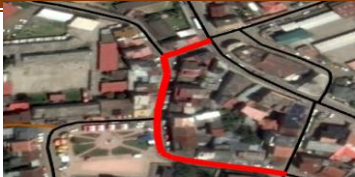
 UNIVERSIDAD DE CUENCA Escuela de Ingeniería	<b>UNIVERSIDA DE CUENCA</b>	
EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI) CARRETERAS CON SUPERFICIE ASFÁLTICA		
ID de la vía:	F7 (Vía a Parque Central 2)	ESQUEMA:
Evalua	ANDRÉS FERRER BARRERA	
Fecha:	05 nov 17	
Longitud:	0.500	
Ancho de Carril:	6.00 m	
TIPOS DE FALLAS		
1 Piel de Cocodrilo	11 Parcheo	
2 Exudación	12 Pulimiento de Agregados	
3 Desmoronamiento en bloque	13 Huecos	



Tabla 81. Cálculo PCI Calle F7


 UNIVERSIDAD DE CUENCA Escuela de Ingeniería	UNIVERSIDA DE CUENCA	
	EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI) CARRETERAS CON SUPERFICIE ASFÁLTICA	
IA de F7	FECHA DE EVALUACIÓN	ESQUEMA
IA de F7	FECHA DE EVALUACIÓN	86
Evaluado por: Becerra A. Sánchez R.	FECHA DE EVALUACIÓN	
Fecha: 31 oct 17	FECHA DE EVALUACIÓN	
Longitud: 92.50 m	FECHA DE EVALUACIÓN	
Ancho de Carril: 7.50 m	FECHA DE EVALUACIÓN	
TIPOS DE FALLAS		



Tabla 82. Cálculo PCI Calle F8



 UNIVERSIDAD DE CUENCA Escuela de Ingeniería	<b>UNIVERSIDA DE CUENCA</b>	
EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI) CARRETERAS CON SUPERFICIE ASFÁLTICA		
INSTRUMENTOS: ESTEBAN BECERRA DELGADO		
ID de la Vía: F8		
Evaluado por: SEBASTIÁN SÁNCHEZ REINOSO		
Fecha: 06-nov-17		
Longitud: 47.50 m		
Ancho de Carril: 7.00 m		
TIPOS DE FALLAS		



Tabla 83. Cálculo PCI Calle F9



 UNIVERSIDAD DE CUENCA FUNDADA EN 1569	<b>UNIVERSIDA DE CUENCA</b>	
RES ESTEBAN BECERRA DELGADO		Página 188
EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI) CARRETERAS CON SUPERFICIE ASFÁLTICA		
EVALUADO POR: Becerra A. Sánchez P.		<b>ESQUEMA:</b> 
FECHA: 06-nov-17		
LONGITUD: 78.50 m		
ID de la vía: F10		





Tabla 84. Cálculo PCI Calle F10



 UNIVERSIDAD DE CUENCA "Creando la vida"	<b>UNIVERSIDA DE CUENCA</b>	
EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI) CARRETERAS CON SUPERFICIE ASFÁLTICA		
ID de la vía: F10	ESTEBAN BECERRA DELGADO	
Evaluado por: Becerra A. Sánchez P.	PAQUETA	
Fecha: 06 Nov 17	SEBASTIAN SANCHEZ REINOSO	
Longitud: 61.80 m		
Ancho de Carril: 6.00 m		
TIPOS DE FALLAS		



Tabla 85. Cálculo PCI Calle F11



 UNIVERSIDAD DE CUENCA founded 1867		<b>UNIVERSIDA DE CUENCA</b>	
		EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI) CARRETERAS CON SUPERFICIE ASFÁLTICA	
ID de la vía: F12		ESQUEMA:	
Evaluado por: BECERRA A. SANCHEZ P.			
PALEO SEBASTIAN SANCHEZ REINOSO			
Fecha: 07-10-2021			
Longitud: 180.00 m			
Ancho de Carril: 6.00 m		a 190	
TIPOS DE FALLAS			
1 Bial de Cocodrilo		11 Barchan	



Tabla 86.Cálculo PCI Calle F12


 UNIVERSIDAD DE CUENCA founded 1867	<b>UNIVERSIDA DE CUENCA</b>	
EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI) CARRETERAS CON SUPERFICIE ASFÁLTICA		
ID: 15		
Autor: ANDRÉS ESTEBAN BECERRA DELGADO		
Evaluado por: BEATRIZ PINO SANCHEZ REINOSO		
Fecha: 07-nov-17		
Longitud: 207.00 m		
Ancho de Carril: 6.00 m		
TIPOS DE FALLAS		



Tabla 87. Cálculo PCI Calle F13


 UNIVERSIDAD DE CUENCA creando futuro		<b>UNIVERSIDA DE CUENCA</b>		Página 192
ID de la vía:		ESQUEMA:		
Evaluado por:				



Tabla 88. Formato Metodología Windshield

 UNIVERSIDAD DE CUENCA "Cien años 1910-2020"	<b>UNIVERSIDA DE CUENCA</b>	
	WINDSHIELD PAVEMENT RATING COLLECTION DATA FLEXIBLE PAVEMENT	
	INDICADOR: ESTEBAN VALCERRA DELGADO	ESQUEMA: <span>Página 193</span>
	EVALUADO POR: SEBASTIÁN SANCHEZ REINOSO	
	Fecha: 07-nov-17	
Longitud: 1562.00 m		
Ancho de Carril: 8.50 m		





Tabla 89.Cálculo Windshield Calle F1



 UNIVERSIDAD DE CUENCA "Donde Todo" UNIVERSIDAD DE CUENCA	UNIVERSIDA DE CUENCA	
	WINDSHIELD PAVEMENT RATING COLLECTION DATA FLEXIBLE PAVEMENT	
ID de la vía:	F2	ESQUEMA:
AVAROS LOS SABAN BOERRA DELGADO	Página 194	
PABLO SANCHEZ REINOSO		
Longitud:	1485.00 m	
Ancho de Carril:	7.00 m	
TIPOS DE FALLAS		



Tabla 90. Cálculo Windshield Calle F2



 UNIVERSIDAD DE CUENCA desde 1867	UNIVERSIDA DE CUENCA	
	WINDSHIELD PAVEMENT RATING COLLECTION DATA FLEXIBLE PAVEMENT	
ID de la vía:	F3 (Vía a las Palmas)	<b>ESQUEMA:</b> 
Endreces:	SEBASTIÁN BOCARRA	
Endreces:	SEBASTIÁN BOCARRA	
Endreces:	SEBASTIÁN BOCARRA	
Endreces:	SEBASTIÁN BOCARRA	
Longitud:	445.00 m	
Ancho de Carril:	7.00 m	
TIPOS DE FALLAS		



Tabla 91.Cálculo Windshield Calle F3

 UNIVERSIDAD DE CUENCA desde 1867	UNIVERSIDA DE CUENCA	
	WINDSHIELD PAVEMENT RATING COLLECTION DATA FLEXIBLE PAVEMENT	
ID de la vía: Evaluado por: Fecha: Longitud: Ancho de Carril:	54 Años al Colegio CM ANDRÉS ESTEBAN BECERRA DELGADO Sánchez R. Becerra A. 09-nov-17 258.00 m 6.00 m	ESQUEMA: Página 196
TIPOS DE FALLAS		





Tabla 92. Cálculo Windshield Calle F4



 UNIVERSIDAD DE CUENCA CREADO 1867	UNIVERSIDA DE CUENCA		
	WINDSHIELD PAVEMENT RATING COLLECTION DATA FLEXIBLE PAVEMENT		
ID de la vía:	ANDRES ESTEBAN BECERRA DELGADO	Eskema: Pagina 197	
Evaluado por:	PABLO SEBASTIAN SANCHEZ REINOSO		
Fecha:	09-nov-17		
Longitud:	166.00 m		
Ancho de Carril:	9.50 m		
			





Tabla 93. Cálculo Windshield Calle F5

 UNIVERSIDAD DE CUENCA <small>(FUNDADA 1767)</small>	<b>UNIVERSIDA DE CUENCA</b>	
	WINDSHIELD PAVEMENT RATING COLLECTION DATA FLEXIBLE PAVEMENT	
ID de la vía: F6 (Vía a Parque Central 1)	ESQUEMA:	Página 198
ANDRÉS ESTEBAN BECERRA DELGADO Evaluado por: Sánchez P. Becerra A. PABLO SEBASTIÁN SANCHEZ REINOSO Fecha: 10-nov-17		
Longitud:	300.00 m	
Ancho de Carril:	6.00 m	
TIPOS DE FALLAS		



Tabla 94. Cálculo Windshield Calle F6

 UNIVERSIDAD DE CUENCA Cuenca, Ecuador	<b>UNIVERSIDA DE CUENCA</b>	
	WINDSHIELD PAVEMENT RATING COLLECTION DATA FLEXIBLE PAVEMENT	
	ID de la Vía: 17 (Vía a Parque Central 2)	
	Evaluado por: PABLO SEBASTIAN SANCHEZ REINOSO	
	Fecha: 10-nov-17	
	Longitud:	178.00 m
	Ancho de Carril:	6.00 m
		

ESQUEMA:



Tabla 95. Cálculo Windshield Calle F7


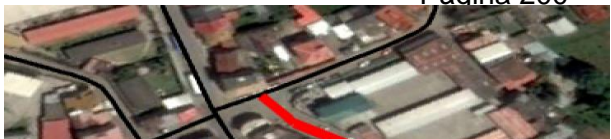
 UNIVERSIDAD DE CUENCA CACHA 1802	UNIVERSIDA DE CUENCA	
	WINDSHIELD PAVEMENT RATING COLLECTION DATA FLEXIBLE PAVEMENT	
ID de la vía:	F8 (Vía Escuela Tomás Rendón)	ESQUEMA: 
Evaluated por:	ANDRÉS ESTEBAN BLECERRA DELGADO PABLO SEBASTIÁN SÁNCHEZ REINOSO	
Fecha:	15 nov 17	Página 200
Longitud:	92.50 m	
Ancho de Carril:	7.50 m	
TIPOS DE FALLAS		



Tabla 96. Cálculo Windshield Calle F8

 UNIVERSIDAD DE CUENCA FUNDADA 1867	<b>UNIVERSIDA DE CUENCA</b>	
WINDSHIELD PAVEMENT RATING COLLECTION DATA FLEXIBLE PAVEMENT		
ID de la vía: FE9	ESQUEMA:	
ANDRÉS ESTEBAN BECERRA DELGADO		
Evaluated por: Sánchez P. Becerra A.		
PABLO SEBASTIÁN SANCHEZ REINOSO		
Fecha: 11-nov-17		
Longitud:	47.50 m	
Ancho de Carril:	7.00 m	
TIPOS DE FALLAS		



Tabla 97. Cálculo Windshield Calle F9

 UNIVERSIDAD DE CUENCA FUNDADA EN 1967	UNIVERSIDA DE CUENCA	
	WINDSHIELD PAVEMENT RATING COLLECTION DATA FLEXIBLE PAVEMENT	
ID de la vía:	F10	ESQUEMA:
Evalúa: P. S. C. B. A. N. B. C. E. R. A.	ANDRÉS SANCHEZ DELGADO	
Fecha:	PABLO GEBASTIAN SANCHEZ REINOSO	
Longitud:	78.50 m	
Ancho de Carril:	6.00 m	
TIPOS DE FALLAS		



Tabla 98. Cálculo Windshield Calle F10

 UNIVERSIDAD DE CUENCA creada 1862	<b>UNIVERSIDA DE CUENCA</b>	
	WINDSHIELD PAVEMENT RATING COLLECTION DATA FLEXIBLE PAVEMENT	
<b>ID de la vía:</b>	F11	<b>ESQUEMA:</b>
<b>Evaluated por:</b>	Sánchez P. Poesia A.	
<b>ANDRÉS ES EBAN BECERRA DELGADO</b>		
<b>Fecha:</b>	14 nov. 17	
<b>PABLO SEBASTIÁN SÁNCHEZ REINOSO</b>		
<b>Longitud:</b>	61.80 m	
<b>Ancho de Carril:</b>	6.00 m	
<b>TIPOS DE FALLAS</b>		



Tabla 99. Cálculo Windshield Calle F11


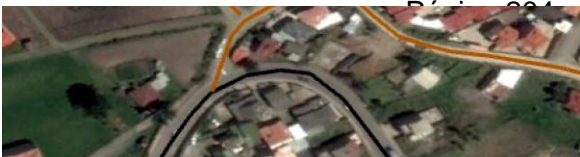
 UNIVERSIDAD DE CUENCA <i>desde 1867</i>	UNIVERSIDA DE CUENCA	
	WINDSHIELD PAVEMENT RATING COLLECTION DATA FLEXIBLE PAVEMENT	
ID de la vía:	F12	ESQUEMA:
Evaluated by: Andrés Esteban Bicerre delgado Pablo Sebastián Sánchez Reinoso		
Longitud:	180.00 m	
Ancho de Carril:	6.00 m	
TIPOS DE FALLAS		





Tabla 100. Cálculo Windshield Calle F12


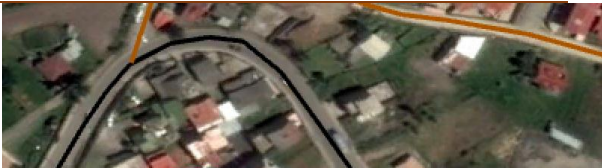

 UNIVERSIDAD DE CUENCA FUNDADA 1862	<b>UNIVERSIDA DE CUENCA</b>	
	WINDSHIELD PAVEMENT RATING COLLECTION DATA FLEXIBLE PAVEMENT	
<b>ID de la vía:</b>	F13	<b>ESQUEMA:</b>
<b>Evaluated por:</b>	Sánchez P. Bocerra A.	
<b>ANDRES ESTEBAN BECERRA DELGADO</b>		
<b>Fecha:</b>	12 nov 17	
<b>PABLO SEBASTIAN SANCHEZ REINOSO</b>		
<b>Longitud:</b>	207.00 m	
<b>Ancho de Carril:</b>	6.00 m	
TIPOS DE FALLAS		



Tabla 101. Cálculo Windshield Calle F13

 UNIVERSIDAD DE CUENCA 1960-2020	UNIVERSIDA DE CUENCA	
	MANUAL DE ACREDITACION	
Id de la vía:		
Calificado por:		
Fecha:		
Longitud:		
Ancho de Carril:		



*Tabla 102.* Formato Metodología MTOP





<div><div>UNIVERSIDAD DE CUENCA</div><div>UNIVERSITY OF CUENCA</div></div>		UNIVERSIDA DE CUENCA							
		MANUAL DE ACREDITACION VIAL MTOP							
ID de la vía:		F1(Via EL VALLE)		ESQUEMA: 					
Evaluated por:		Sánchez P.- Becerra A.							
Fecha:		20-nov-17							
Longitud:		1562,00 m							
Ancho de Carril:		8,50 m							
ELEMENTOS A EVALUAR									
SECCION T RASNVERSAL (CLASE DE LA VIA)									
OPERAT IVIDAD									
SEÑALIZACION									
DERECHO DE VIA									
ESTRUCTURAS VIALES									
ELEMENTOS		PUNTAJE		CONDICIÓN EVALUADA		CALIFICACIÓN		OBSERVACIONES	
				NORMA		ESTADO			
SECCIÓN TRANSVERSAL (CLASE DE LA VÍA)		30				21			
Características del Trazado		3		MANUAL DE DISEÑO GEOMÉTRIC		3			
Ancho Camiles		4		MANUAL DE ACREDITACIÓN DE C		4			
Ancho Espaldón		4		MANUAL DE DISEÑO GEOMÉTRIC		0			
Ancho Cuneta		4		MANUAL DE ACREDITACIÓN DE C		4			
Posee Banquinas		3		MANUAL DE ACREDITACIÓN DE C		0			
Estado del Pavimento (PGI)		12		STANDARD PRACTICE FOR ROAD		10			
OPERATIVIDAD		14				6			
Nivel de Servicio		2		MANUAL DE ACREDITACIÓN DE C		2			
Control de Accesos		2		NORMAS DE ESTUDIOS Y DISEÑO		2			
Espaciamiento de los Accesos		2		NORMAS DE ESTUDIOS Y DISEÑO		0			
Tipo de Cruzamiento		2		NORMAS DE ESTUDIOS Y DISEÑO		0			
Zonas de Parqueo Laterales		2		MANUAL DE ACREDITACIÓN DE C		0			
Seguridad General		2		MANUAL DE ACREDITACIÓN DE C		1			
Facilidades de Cruce de Peatones		2		MANUAL DE ACREDITACIÓN DE C		1			
SEÑALIZACIÓN (CUMPLIMIENTO NORMAS)		29				17			
HORIZONTAL									
Franjas laterales		2		DEMARCADORES RETROREFLEC		2			
Franjas centrales		2		DEMARCADORES RETROREFLEC		2			
Tachas laterales		2		DEMARCADORES RETROREFLEC		0			
Tacha centrales		2		DEMARCADORES RETROREFLEC		0			
Sistema reductor de velocidad - BTA's		2		MANUAL DE ACREDITACIÓN DE C		0			
VERTICAL									
Regulatorias (obligatorias)		2		STANDARD SPECIFICATION FOR		2			
Preventivas (advertencia)		2		STANDARD SPECIFICATION FOR		2			
Informativas		2		STANDARD SPECIFICATION FOR		2			
Delineadores (Balizas)		2		STANDARD SPECIFICATION FOR		0			
Chewones		2		STANDARD SPECIFICATION FOR		2			
Barreras de seguridad		2		STANDARD SPECIFICATION FOR		2			
Trabajo (temporales)		2		STANDARD SPECIFICATION FOR		0			
Pórticos		2		STANDARD SPECIFICATION FOR		2			
Banderolas		2		STANDARD SPECIFICATION FOR		0			
Postes de kilometraje (/km y /10 km)		1		STANDARD SPECIFICATION FOR		1			
DERECHO DE VÍA		15				15			
Limpio de malezas		3		MANUAL DE ACREDITACIÓN DE C		3			
Invadido		3		MANUAL DE ACREDITACIÓN DE C		3			
Ubicación de cerramientos		3		MANUAL DE ACREDITACIÓN DE C		3			
Contaminación visual		3		MANUAL DE ACREDITACIÓN DE C		3			
Sin escombros		3		MANUAL DE ACREDITACIÓN DE C		3			
ESTRUCTURAS VIALES		12				6			
Estado de puentes		3		MANUAL DE ACREDITACIÓN DE C		3			
Estaciones de servicio		3		MANUAL DE ACREDITACIÓN DE C		0			
Pasos peatonales		3		MANUAL DE ACREDITACIÓN DE C		3			
Zonas de descanso		3		MANUAL DE ACREDITACIÓN DE C		0			
TOTAL =		100				65			
RESULTADO DE LA EVALUACIÓN		65		CALIFICACIÓN		REGULAR			

Tabla 103.Cálculo MTOP Calle F1

	UNIVERSIDA DE CUENCA					
	MANUAL DE ACREDITACION VIAL MTOP					
<b>ID de la vía:</b> F2(Via grande) <b>Evaluated por:</b> Sánchez P.- Becerra A. <b>Fecha:</b> 20-nov-17 <b>Longitud:</b> 1562.00 m <b>Ancho de Carril:</b> 7.00 m	<b>ESQUEMA:</b> 					
	<b>ELEMENTOS A EVALUAR</b>  SECCION TRASVERSAL (CLASE DE LA VIA)					
	<b>ANDRÉS ESTEBAN BECERRA DEL</b> <b>PABLO SEBASTIÁN SÁNCHEZ RE</b>					



Tabla 104.Cálculo MTOP Calle F2



 UNIVERSIDAD DE CUENCA "Donde Todo es Posible"	UNIVERSIDA DE CUENCA	
	MANUAL DE ACREDITACION VIAL MTOP	
ID de la vía: F-3 (Vía a las Palmas) Evaluado por: Sebastián Becerra Fecha: 26-Nov-19 Longitud: 145.00 m Ancho de Carri: 7.00 m	ESQUEMA: 	
ELEMENTOS A EVALUAR		



Tabla 105. Cálculo MTOP Calle F3



 UNIVERSIDAD DE CUENCA FACULTAD DE INGENIERIA	UNIVERSIDA DE CUENCA	
	MANUAL DE ACREDITACION VIAL MTOP	
<div>ID de la vía: F3 (VIA VAS EL COMPLEJO COM)</div> <div>Evaluated por: Sebastián Becerra del</div> <div>Fecha: 10 de mayo de 2024</div> <div>Longitud: 233,00 m</div> <div>Ancho de Carril: 6,00 m</div>	<div>ESQUEMA:</div> 	
<div>ELEMENTOS A EVALUAR</div> <div>SECCION TRASVERSAL (CLASE DE LA VIA)</div>		



Tabla 106. Cálculo MTOP Calle F4



 UNIVERSIDAD DE CUENCA "SEVILLA 1500"	UNIVERSIDA DE CUENCA	
	MANUAL DE ACREDITACION VIAL-MTOP	
ANDRES ESTEBAN BECERRA D	<b>ESQUEMA:</b> 	
PABLO SEBASTIAN SANCHEZ R		
Evaluado por: Sánchez R, Sebastián A		
Fecha: 20-NOV-19		
Longitud: 166.00 m		
Ancho de Carril: 9.50 m		
ELEMENTOS A EVALUAR		



Tabla 107. Cálculo MTOP Calle F5

 UNIVERSIDAD DE CUENCA "CENTRO TOLU"	UNIVERSIDA DE CUENCA	
	MANUAL DE ACREDITACION VIAL MTOP	
<div>IN de la via: F5 (carretera capital 1)</div> <div>Límite de paso: Sánchez P. Becerra</div> <div>Punto de inicio: Sánchez P. Becerra</div> <div>Longitud: 300.00 m</div> <div>Ancho de Carril: 6.00 m</div>		
ELEMENTOS A EVALUAR		
SECCION TRANSVERSAL (CLASE DEL VIAL)		
ESQUEMA:		





Tabla 108. Cálculo MTOP Calle F6


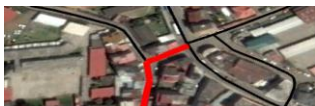
 UNIVERSIDAD DE CUENCA FACULTAD DE INGENIERÍA		UNIVERSIDA DE CUENCA	
ESTEBAN BECERRA DELGADO		MANUAL DE ACREDITACION VIAL MTOP	
PABLO SEBASTIÁN SÁNCHEZ R		Página 213	
ID de la vía: F6 (según convenio) Evaluado por: Sánchez P.A., Becerra A.		ESQUEMA:	
Fecha: 20-nov-17			
Longitud: 92.56 m			
Ancho de Carril: 7.50 m			
ELEMENTOS A EVALUAR			



Tabla 109. Cálculo MTOP Calle F7

 UNIVERSIDAD DE CUENCA <small>CREANDO TALENTO</small>		UNIVERSIDA DE CUENCA	
		MANUAL DE ACREDITACION VIAL MTOP	
ID de la vía: F8(Esc. Tomas Rendon)		<b>ESQUEMA:</b> 	
Evaluado por: Sánchez P. Becerra A.			
Escala: 1:500			
Longitud: 17,50 m			
Autor de campo: Sánchez			
<b>ANDRÉS ESTEBAN BECERRA</b> <b>PABLO SEBASTIÁN SÁNCHEZ</b>			
<b>ELEMENTOS A EVALUAR</b>			
SECCION TRASVERSAL (CLASE DE LA VIA)			
OPERATIVIDAD			
ACREDITACION			



Tabla 110. Cálculo MTOP Calle F8


 UNIVERSIDAD DE CUENCA Escuela de Ingeniería		UNIVERSIDA DE CUENCA	
UNIVERSIDAD DE CUENCA Escuela de Ingeniería		MANUAL DE ACREDITACIÓN VIAL MTOP	
ANDRÉS ESTEBAN BECERRA DEL CADO		Página 945	
PABLO SEBASTIÁN SÁNCHEZ R		ESQUEMA:	
ID de la vía: 00			



Tabla 111. Cálculo MTOP Calle F9



 UNIVERSIDAD DE CUENCA "Ciudad de la Ciencia"	UNIVERSIDA DE CUENCA	
MANUAL DE ACREDITACION VIAL MTOP		Página 216
ESQUEMA:		
		
ELEMENTOS A EVALUAR		



Tabla 112. Cálculo MTOP Calle F10

 UNIVERSIDAD DE CUENCA Escuela de Ingeniería	UNIVERSIDA DE CUENCA	
	MANUAL DE ACREDITACION VIAL MTOP	
ID de la vía: F11	<b>ESQUEMA:</b> 	
Evaluated por: Sánchez P.- Becerra A.		
Fecha: 20-10-17		
Longitud: 151.30m		
Medio de Cuentas: 60.2%		
<b>ELEMENTOS A EVALUAR</b>		
SECCION TRASVERSAL (CLASE DE LA VIA)		
OPERATIVIDAD		



Tabla 113. Cálculo MTOP Calle F11



 UNIVERSIDAD DE CUENCA FUNDADA EN 1569	UNIVERSIDA DE CUENCA	
	MANUAL DE ACREDITACION VIAL MTOP	
ANDRES ESTEBAN BECERRA D	<b>ESQUEMA:</b> 	
PABLO SEBASTIAN SANCHEZ R		
Longitud: 180.00 m		
Ancho de Carril: 6.00 m		
ELEMENTOS A EVALUAR		



Tabla 114. Cálculo MTOP Calle F12

 UNIVERSIDAD DE CUENCA Escuela de Ingeniería		UNIVERSIDA DE CUENCA	
		MANUAL DE ACREDITACION VIAL MTOP	
ID de la vía: F-12		<b>ESQUEMA:</b> 	
ANDRES ESTEBAN BECERRA DEL			
PABLO SEBASTIÁN SÁNCHEZ REI			
Fecha: 20-06-21			
Longitud: 250.00 m			
Ancho de Carril: 6.00 m			
<b>ELEMENTOS A EVALUAR</b>			
SECCION TRANSVERSAL (CLASE DE LA VIA)			



Tabla 115. Cálculo MTOP Calle F13

 UNIVERSIDAD DE CUENCA FACULTAD DE INGENIERIA		UNIVERSIDA DE CUENCA	
		MANUAL DE ACREDITACION VIAL MTOP	
ID de la vía: F1(Via EL VALLE)		<b>ESQUEMA:</b> 	
Evaluado por: Sánchez P.- Becerra A.			
<b>ANDRÉS ESTEBAN BECERRA</b>			
Longitud: 4552.00 m			
<b>PABLO SEBASTIÁN SÁNCHEZ</b>			
<b>ELEMENTOS A EVALUAR</b>			
SECCION TRASVERSAL (CLASE DE LA VIA)			
OPERATIVIDAD			





Tabla 116. Cálculo MTOP Calle F1

 UNIVERSIDAD DE CUENCA CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO		UNIVERSIDA DE CUENCA	
		MANUAL DE ACREDITACION VIAL MTOP	
ID de la vía: F2(Vía grande)		ESQUEMA: 	
Evaluado por: Sánchez P.- Becerra A.			
ANDRÉS ESTEBAN BECERRA			
Longitud: 14956.00 m			
PABLO SEBASTIÁN SÁNCHEZ			
ELEMENTOS A EVALUAR			
SECCION T RASVERSAL (CLASE DE LA VIA)			
OPERATIVIDAD			



Tabla 117. Cálculo MTOP Calle F2

 UNIVERSIDAD DE CUENCA CONSEJO FACULTATIVO		UNIVERSIDA DE CUENCA	
		MANUAL DE ACREDITACION VIAL MTOP	
ID de la vía: F3 (Vía a las Palmas)		ESQUEMA: 	
Evaluado por: Sánchez P., Becerra A.			
ANDRÉS ESTEBAN BECERRA			
Longitud: 445.00 m			
PABLO SEBASTIÁN SÁNCHEZ			
ELEMENTOS A EVALUAR			
SECCION TRASVERSAL (CLASE DE LA VIA)			
OPERATIVIDAD			



Tabla 118. Cálculo MTOP Calle F3



 UNIVERSIDAD DE CUENCA FACULTAD DE INGENIERIA Escuela de Ingenieria Civil	UNIVERSIDA DE CUENCA	
	MANUAL DE ACREDITACION VIAL MTOP	
	ANDRES ESTEBAN BECERRA T	ESQUEMA:
	PABLO SEBASTIAN SANCHEZ	
	Longitud: 258.00 m	
Ancho de Carril: 6.00 m		
ELEMENTOS A EVALUAR		



Tabla 119. Cálculo MTOP Calle F4



 UNIVERSIDAD DE CUENCA Cuenca - Ecuador	UNIVERSIDA DE CUENCA	
	MANUAL DE ACREDITACION VIAL MTOP	
<div>Elaborado por: PS/Via-Montoya Evaluado por: Sánchez P.- Becerra A. Fecha: 2019-01-15 Longitud: 166.00 m Ancho de Carril: 9.50 m</div>		ESQUEMA:
ELEMENTOS A EVALUAR		



Tabla 120. Cálculo MTOP Calle F5

 UNIVERSIDAD DE CUENCA Escuela de Ingeniería	UNIVERSIDA DE CUENCA	
	MANUAL DE ACREDITACION VIAL MTOP	
10 de la vía: 10.00 m (control: 1)	<b>ESQUEMA:</b> 	
10.00 m (control: 1)		
10.00 m (control: 1)		
10.00 m (control: 1)		
10.00 m (control: 1)		
<b>ELEMENTOS A EVALUAR</b>		
SECCION TRASVERSAL (CLASE DE LA VIA)		



Tabla 121. Cálculo MTOP Calle F6

 UNIVERSIDAD DE CUENCA founded 1867	UNIVERSIDA DE CUENCA	
	MANUAL DE ACREDITACION VIAL MTOP	
<div>ID de la vía: F7 (carretera central 2)</div> <div>Evaluado por: <b>ANDRÉS ESTEBÁN BECERRA B</b></div> <div>Fecha: 26/09/21</div> <div>Origen: <b>PABLO SEBASTIÁN SÁNCHEZ R</b></div> <div>Ancho de Carril: 17.50 m</div>		
ESQUEMA:		
		
ELEMENTOS A EVALUAR		
SECCION TRASVERSAL (CLASE DE LA VIA)		



Tabla 122. Cálculo MTOP Calle F7



 UNIVERSIDAD DE CUENCA FUNDADA 1912	UNIVERSIDA DE CUENCA	
MANUAL DE ACREDITACION VIAL MTOP		
<b>ANDRES ESTEBAN BECERRA D</b> Evaluado por: Sanchez P.- Becerra A. <b>PABLO SEBASTIAN SANCHEZ P</b> Fecha: 20/10/2017 Longitud: 47,50 m Ancho de Carril: 7,50 m		<b>ESQUEMA:</b> 
ELEMENTOS A EVALUAR		



Tabla 123. Cálculo MTOP Calle F8



 UNIVERSIDAD DE CUENCA creando futuro	UNIVERSIDA DE CUENCA	
	MANUAL DE ACREDITACION VIAL MTOP	
ID de la vía: F8	<b>ESQUEMA:</b> 	
Evaluada por: Sánchez P. - Becerra R.		
Verificado por: Sánchez P. - Becerra R.		
Longitud: 47.50 m		
Ancho de Carril: 7.00 m		
<b>ELEMENTOS A EVALUAR</b>		





Tabla 124. Cálculo MTOP Calle F9

 UNIVERSIDAD DE CUENCA FACULTAD DE INGENIERIA	UNIVERSIDA DE CUENCA	
	MANUAL DE ACREDITACION VIAL MTOP	
ID de la vía: F10	ESQUEMA:	
Evaluado por: Sánchez P., Becerra A.		
ANDRÉS ESTEBAN BECERRA D		
Longitud: 78.50 m		
PABLO SEBASTIÁN SÁNCHEZ F		
ELEMENTOS A EVALUAR		
SECCION TRANSVERSAL (CLASE DE LA VIA)		
OPERATIVIDAD		



Tabla 125. Cálculo MTOP Calle F10



 UNIVERSIDAD DE CUENCA Cuenca, Ecuador	UNIVERSIDA DE CUENCA	
	MANUAL DE ACREDITACION VIAL MTOP	
Elaborado por: ANDRÉS ESTEBAN BECERRA	ESQUEMA: 	
Evaluated por: PABLO SEBASTIÁN SÁNCHEZ		
Fecha: 2019		
Longitud: 61.80 m		
Ancho de Carril: 6.00 m		
ELEMENTOS A EVALUAR		



Tabla 126. Cálculo MTOP Calle F11



 UNIVERSIDAD DE CUENCA FUNDADA 1967	UNIVERSIDA DE CUENCA	
	MANUAL DE ACREDITACION VIAL MTOP	
18 de la vía: F12	<b>ESQUEMA:</b> 	
ANDRES ESTEBAN BECERRA DEL		
PABLO SEBASTIÁN SÁNCHEZ RE		
Longitud: 180.00 m		
Ancho de Carril: 6.00 m		
ELEMENTOS A EVALUAR		



Tabla 127. Cálculo MTOP Calle F12

 UNIVERSIDAD DE CUENCA Escuela de Ingeniería	UNIVERSIDA DE CUENCA	
	MANUAL DE ACREDITACION VIAL MTOP	
10 de la vía: 12	ESQUEMA:	
Elaborado por: Andrés Esteban Becerra D		
Fecha: 20-nov-17		
Longitud: 120 m		
Ancho de Carril: 6.00 m		
ELEMENTOS A EVALUAR		
SECCION TRANSVERSAL (CLASE DE LA VIA)		



*Tabla 128. Cálculo MTOP Calle F13*

## **ANEXO B. METODOLOGÍAS DE LOS PAVIMENTOS RIGIDOS**





Tabla 130. Cálculo PCI Calle R2

 UNIVERSIDAD DE CUENCA FACULTAD DE INGENIERIA		UNIVERSIDA DE CUENCA	
		MANUAL DE ACREDITACION VIAL MTOP	
ID de la vía: R1		<b>ESQUEMA:</b> 	
Evaluado por: Sánchez P. Becerra A.			
Fecha: 15-nov-17			
Evaluado por: Sánchez P. Becerra A.			
Fecha de emisión: 15-nov-17			
<b>ANDRES ESTEBAN BECERRA DELGADO</b> <b>PABLO SEBASTIAN SANCHEZ REINOSO</b>			
<b>ELEMENTOS A EVALUAR</b>			
SECCION TRASVERSAL (CLASE DE LA VIA)			
OPERATIVIDAD			
SEÑALIZACION			



Tabla 131. Cálculo MTOP Calle R1

 UNIVERSIDAD DE CUENCA FACULTAD DE INGENIERIA	UNIVERSIDA DE CUENCA	
	MANUAL DE ACREDITACION VIAL MTOP	
ID de la vía: R2	ESQUEMA:	
Evaluado por: Sánchez P. – Bocorra A.		
Revisó: Sánchez P. – Bocorra A.		
Longitud: 122.00 m		
Área de estudio: 12.20 Ha		
ELEMENTOS A EVALUAR		
SECCION TRASVERSAL (CLASE DE LA VIA)		
OPERATIMIDAD		





*Tabla 132. Cálculo MTOP Calle R2*

## **ANEXO C. METODOLOGÍAS CALLES NO PAVIMENTADAS**




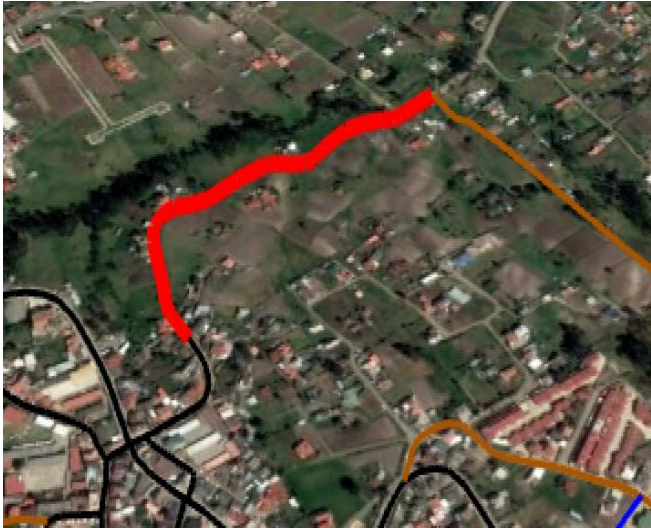
 <b>UNIVERSIDA DE CUENCA</b>									
HOJA DE INSPECCION UNSURFACE ROADS CONDITION INDEX (URCI)									
ID de la vía:	L1 (Vía a Monay)								
Evaluado por:	Becera A- Sánchez P.								
Fecha:	12-nov-17								
Longitud:	542.00 m								
Ancho de Carril:	8.80 m								
Area de la muestra:	50.00x8.80=440.00 m2								
TIPOS DE FALLAS									
81 SECCION TRANSVERSAL INCORRECTA (m) 82 DRENAJE INADECUADO EN EL BORDE DE LA CARRETERA (m) 83 CORRUGACIONES (m2) 84 POLVO 85 BACHES (Número) 86 SURCOS (m2) 87 AGREGADO SUELTO (m)									
ESQUEMA:									
									
CANTIDAD Y SEVERIDAD DE FALLA									
TIPO	81	82	83	84	85	86	87		
L			50		29		100		
M		50		X	18				
H									
CÁLCULO DE URCI									
TIPO DE FAL	ENSIDA	VERIDA	VALOR DEDU	VALOR DEDUCIBLE				TOTAL VD	URCI
82	11,36	M	9,00	13	10,5	9	9	41,5	80
83	11,36	L	9,00	13	10,5	9	5	37,5	78
84	-	M	4,00	13	10,5	5	5	33,5	76
85	2,04	L	5,00	13	5	5	5	28	72
85	4,09	M	13,00						
87	22,7	L	10,50						
q= 4				URCI 72			CLASIFICACIÓN= MUY BUENA		

Tabla 133.Cálculo URCI Calle L1



 <b>UNIVERSIDA DE CUENCA</b>	
HOJA DE INSPECCION DE CARRETERAS NO PAVIMENTADAS	
ID de la vía:	L2
Evaluado por:	Becera A- Sánchez P.
Fecha:	15-nov-17
ESQUEMA:	
	



Tabla 134. Cálculo URCI Calle L2



 UNIVERSIDAD DE CUENCA Desde 1867	<b>UNIVERSIDA DE CUENCA</b>	
	RES ESTEBAN BECERRA DELGADO	Página 239
	O SEBASTIÁN SÁNCHEZ RENOZO	
	HOJA DE INSPECCIÓN DE CARRETERAS NO PAVIMENTADAS	
ID de la vía:	L3 (Vía del Cementerio)	ESQUEMA:
Evaluado por:	Becera A- Sánchez P.	
Fecha:	13 nov.17	



Tabla 135. Cálculo URCI Calle L3



	<b>UNIVERSIDA DE CUENCA</b>	
	ES ESTEBAN BECERRA DELGADO	Página 240
	SEBASTIÁN SÁNCHEZ REINOSO	
	HOJA DE INSPECCIÓN DE CARRETERAS NO PAVIMENTADAS	
ID de la vía:	L4(Vía del Cementerio)	ESQUEMA:
Evaluado por:	Becerra A- Sánchez P.	
Fecha:	13 nov 17	



Tabla 136.Cálculo URCI Calle L4



 UNIVERSIDAD DE CUENCA FACULTAD DE INGENIERÍA		UNIVERSIDA DE CUENCA	
ESTEBAN BECERA A. SÁNCHEZ P.		PÁGINA DE INSPECCIÓN DE CARRETERAS NO PAVIMENTADAS	
PABLO SEBASTIÁN SÁNCHEZ REINOSO		ESQUEMA:	
ID de la vía: L4			
Evaluado por: Becera A.- Sánchez P.			
Fecha: 16-nov-17			
Longitud: 156.00 m			



Tabla 137. Cálculo URCI Calle L5



 UNIVERSIDAD DE CUENCA VICERRECTORÍA DE INVESTIGACIÓN	<b>UNIVERSIDAD DE CUENCA</b> RES ESTEBAN BECERRA DELGADO O SEBASTIÁN SANCHEZ REINOSO HOJA DE INSPECCIÓN DE CARRETERAS NO PAVIMENTADAS		Página 242
ID de la vía: L6	ESQUEMA: 		
Evaluado por: Becera A.- Sánchez P.			
Fecha: 16 nov 17			



Tabla 138. Cálculo URCI Calle L6

 UNIVERSIDAD DE CUENCA founded 1867	<b>UNIVERSIDA DE CUENCA</b>	
<b>HOJA DE INSPECCION DE CARRETERAS NO PAVIMENTADAS</b>		
ANDRES ESTEBAN BECERRA DEL GADO	Página 243	
ID de la vía: L7	ESQUEMA:	
Evaluated por: Becera A- Sánchez P.		
Fecha: 15-nov-17		
Longitud: 171.00 m		
Ancho de Carril: 5.50 m		



Tabla 139. Cálculo URCI Calle L7



 UNIVERSIDAD DE CUENCA desde 1867	<b>UNIVERSIDA DE CUENCA</b>	
RES ESTEBAN BECERRA DELGADO HOJA DE INSPECCIÓN DE CARRETERAS NO PAVIMENTADAS		Página 244
PABLO SEBASTIÁN SÁNCHEZ REINOSO		
ID de la vía: L8	ESQUEMA:	
Evaluado por: Becera A- Sánchez P.		
Fecha: 15-nov-17		





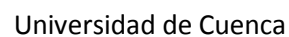
Tabla 140. Cálculo URCI Calle L8

 UNIVERSIDAD DE CUENCA founded 1807	<b>UNIVERSIDA DE CUENCA</b>	
<b>HOJA DE INSPECCIÓN PASER MANUAL - CARRETERAS DE GRAVA</b>		
ID de la vía: L1 (Vía a Moravi)		Página 245
Evaluado por: Becerra A. Sánchez		ESQUEMA:
Fecha: 19-dic-17		
Longitud: 542.00 m		
Ancho de Carril: 8.80 m		
TIPOS DE FALLAS	CLASIFICACIÓN	



Tabla 141. Cálculo Grado Superficial Calle L1

 UNIVERSIDAD DE CUENCA GRADO 1802	<b>UNIVERSIDA DE CUENCA</b>	
<b>HOJA DE INSPECCIÓN PASER MANUAL- CARRETERAS DE GRAVA</b>		
ID de la vía: L2		ESQUEMA:
Evaluado por: BECARRA SANCHEZ REINOSO		
PASEO DE SEBASTIAN SANCHEZ REINOSO		
Longitud: 593.00 m		
Ancho de Carril: 10.50 m		
TIPOS DE FALLAS	CLASIFICACIÓN	
1 CORONA (BOMBEO)		



**Tabla 142. Cálculo Grado Superficial Calle L2**

 UNIVERSIDAD DE CUENCA <small>UNIVERSITY OF CUENCA</small>	<h1>UNIVERSIDA DE CUENCA</h1>	
	<h2>HOJA DE INSPECCIÓN PASER MANUAL - CARRETERAS DE GRAVA</h2>	
<b>ANDRÉS ESTEBAN BECERRA DELGADO</b> ID de la vía: L3	<b>PAULINO SORRERÍA SÁNCHEZ REINOSO</b> ESQUEMA:	
<b>Fecha:</b> 19-dic-17		
<b>Longitud:</b> 344.00 M		
<b>Ancho de Carril:</b> 6.20 M		
<b>TIPOS DE FALLAS</b>		
	<b>CLASIFICACIÓN</b>	



Tabla 143. Cálculo Grado Superficial Calle L3

 UNIVERSIDAD DE CUENCA CENTRO TECNOLÓGICO	<b>UNIVERSIDA DE CUENCA</b>	
<b>HOJA DE INSPECCIÓN PASER MANUAL- CARRETERAS DE GRAVA</b>		
<b>ANDRÉS ESTEBAN BECERRA DELGADO</b>		<b>Página 248</b>
<b>ID de la Vía: L4</b>		<b>ESQUEMA:</b>
<b>Evaluated por: Becerra A. Sánchez</b>		
<b>Fecha: 20-dic-17</b>		
<b>Longitud: 353.00 m</b>		
<b>Ancho de Carril: 5.20 m</b>		
<b>TIPOS DE FALLAS</b>	<b>CLASIFICACIÓN</b>	



Tabla 144. Cálculo Grado Superficial Calle L4


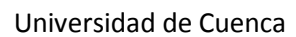
 UNIVERSIDAD DE CUENCA FUNDADA 1867		UNIVERSIDA DE CUENCA	
ESTEBAN BECERRA DELGADO		HOJA DE INSPECCIÓN PASER MANUAL- CARRETERAS DE GRAVA	
PABLO SEBASTIÁN SÁNCHEZ REINOSO		Página 249	
ID de la Vía: L4		ESQUEMA:	
Evaluado por: Becera A- Sánchez P.			
Fecha: 20-dic-17			
Longitud: 156.00 m			
Ancho de Carril: 5.20 m			



Tabla 145. Cálculo Grado Superficial Calle L5

 UNIVERSIDAD DE CUENCA CENTRO TRUJILLO	<b>UNIVERSIDA DE CUENCA</b>	
ES ESTEBAN BECERRA DELGADO		Página 250
HOJA DE INSPECCIÓN PASER MANUAL - CARRETERAS DE GRAVA		
PABLO SEBASTIÁN SÁNCHEZ REINOSO		
ID de la vía:	L5	ESQUEMA:
Evaluado por:	Becerra A- Sánchez P.	
Fecha:	20-dic-17	
Longitud:	152.00 m	
Ancho de Carril:	5.20 m	





**Tabla 146. Cálculo Grado Superficial Calle L6**

 <p>UNIVERSIDAD DE CUENCA UNIVERSITY OF CUENCA</p>	<h1>UNIVERSIDA DE CUENCA</h1>		<p>Página 251</p>
	<p>NOTA DE INSPECCIÓN PASER MANUAL- CARRETERAS DE GRAVA</p>		
	<p>ANDRÉS ESTEBAN BECERA DELGADO</p>		
	<p>PEDRO ABASTIÁN SÁNCHEZ REINOSO</p>		
	<p>TEMA:</p>		
<p><b>Evaluado por:</b> Becera A- Sánchez P.</p>			
<p><b>Fecha:</b> 21-dic-17</p>			
<p><b>Longitud:</b> 171.00 m</p>			
<p><b>Ancho de Carril:</b> 5.50 m</p>			



Tabla 147. Cálculo Grado Superficial Calle L7

		<b>UNIVERSIDAD DE CUENCA</b>	
ES ESTEBAN BECERRA DELGADO		Página 252	
) SEBASTIÁN SÁNCHEZ REINOSO		HOJA DE INSPECCIÓN PASER MANUAL- CARRETERAS DE GRAVA	
ID de la vía:	L8	ESQUEMA:	
Evaluado por:	Becerra A.- Sánchez P.		
Fecha:	21-dic-17		





*Tabla 148. Cálculo Grado Superficial Calle L8*

## **ANEXO D. MANUAL DE FALLAS PAVIMENTO FLEXIBLE**



Según la norma ASTM D6433-11 existen los siguientes tipos de deterioro:

21. Piel de cocodrilo
22. Sangrado
23. Agrietamiento en bloque
24. Abultamientos y hundimientos
25. Corrugación u ondulaciones
26. Depresiones
27. Agrietamiento de borde
28. Agrietamiento por reflexión
29. Desprendimiento de borde
30. Agrietamiento longitudinal y transversal
31. Bacheo
32. Agregado pulido
33. Baches
34. Cruce de rieles de tren
35. Ahuellamiento
36. Empuje
37. Agrietamiento por deslizamiento
38. Hinchamiento
39. Deshilachamiento
40. Meteorización (desgaste de la superficie)

## **1. Piel de cocodrilo**

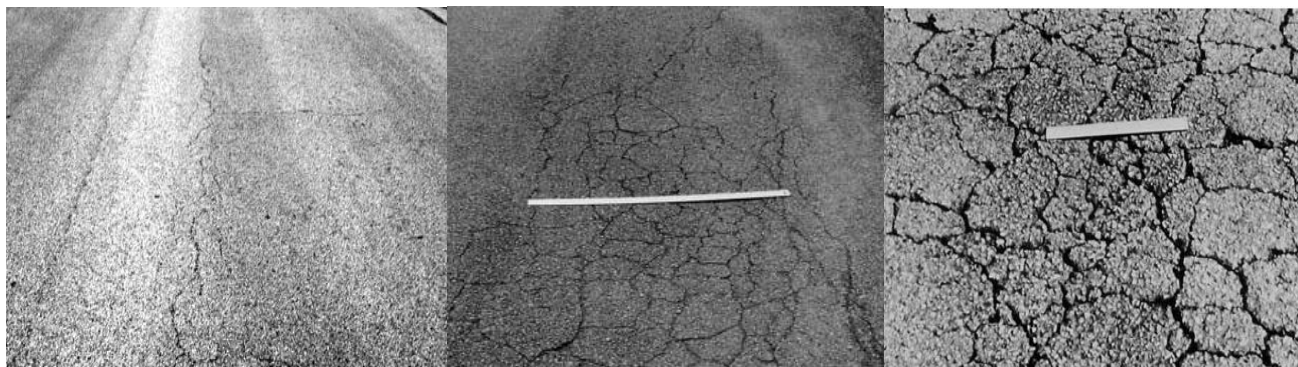
### **Descripción.**

Ocurre en áreas sujetas a repetición de cargas de tráfico. Pueden ser series de grietas, que recién se están desarrollando, conectadas entre sí. Se desarrolla de diferentes tamaños y ángulos, comúnmente miden menos de 0.3 m (en el lado más largo), se caracteriza por tener un patrón como la piel de gallina o de un cocodrilo. Deben de tener un área cuantificable.

### **Niveles de Severidad.**



- L-Un área agrietada con ninguna o pocas grietas interconectadas; no están selladas ni hendidas; el bombeo no es evidente.
- M-Un área de grietas interconectadas formando un patrón completo; las grietas tal vez se encuentren un poco hendidas; las grietas pueden estar selladas; el bombeo no es evidente.
- H- Un área moderada o severamente hendida con grietas interconectadas formando un patrón completo; pedazos de pavimentos pueden moverse con las cargas de tráfico; las grietas pueden estar selladas; el bombeo puede ser evidente.



*Figura 61. Piel de Cocodrilo severidades L,M,H*

## **Medición**

La piel de cocodrilo es medido en metros cuadrados del área de la superficie afectada.

La mayor dificultad en la medición de este deterioro es que dos o tres niveles de severidad a menudo existen en una sola área deteriorada. Si estas porciones pueden ser fácilmente distinguidas de las otras, deben ser medidas y registradas separadamente; pero, si los niveles de deterioro no se pueden distinguir con facilidad, el área entera debe de ser catalogada con el nivel de severidad más alto que esté presente. Si existe ahuellamiento y piel de cocodrilo al mismo tiempo, las dos deben de registrarse.

## **Posibles Causas.**

1. Cargas excesivas.

2. Superficie, base o sub-base débil.
3. Superficie o base de poco espesor.
4. Drenaje pobre.
5. Combinación entre numerales 1 al 4 (Asphalt Pavement Distress Summary, 2016).

## 2. Exudación o Sangrado

### Descripción.

Le sangrado es una película de material bituminoso en la superficie del pavimento que crea un brillo vidrioso, esta sección usualmente se vuelve un poco pegajosa.

### Niveles de Severidad.

- L-Solo ha ocurrido en un pequeño grado durante pocos días del año. El asfalto no se pega a los zapatos ni a los neumáticos.
- M-El sangrado ha ocurrido hasta que el asfalto se pega a los zapatos y a los neumáticos durante pocas semanas al año.
- H-El sangrado ha ocurrido considerablemente, el asfalto se pega a los zapatos y a los neumáticos durante muchas semanas al año.



Figura 62. Exudación severidades L,M,H

### Medición.



El sangrado debe medirse por metros cuadrados del área de la superficie afectada. Si se toma en cuenta al sangrado, el agregado pulido no se debe tomar en cuenta.

### **Posible Causa.**

1. Capa de sellado mal construida.
2. Exceso de asfalto en la mezcla.
3. Excesivo sellante en las grietas.
4. El trafico puede contribuir al sellado si es que las capas se han sobre compactado y el exceso de asfalto ha subido a la superficie (Asphalt Pavement Distress Summary, 2016).

### **3. Agrietamiento en Bloque**



*Figura 63. Agrietamiento en Bloque severidades L,M,H*

#### **Descripción:**

La norma ASTM D6433-11 define al agrietamiento en bloque como grietas interconectadas que dividen al pavimento en pedazos aproximadamente rectangulares. Estos bloques pueden medir entre 0.9 y 9 m<sup>2</sup>.

#### **Niveles de Severidad**



- L-Grietas con un ancho medio menor a 6 mm; o grietas selladas con un sellante en buenas condiciones y con un ancho que no se puede determinar.
- M- Grietas con un ancho medio entre 6 y 19 mm; o cualquier grieta con un ancho medio menor a 19 mm y un deterioro por agrietamiento de baja severidad.
- H-Grietas con un ancho medio mayor a 19 mm; o cualquier grieta con un deterioro por agrietamiento con alta o media densidad.

### **Medición.**

Los agrietamientos por bloque deben ser medidos en metros cuadrados. Usualmente ocurre que existe solo un nivel de severidad en una sección dada de pavimento; pero si hay áreas de diferentes severidades se deben de medir y registrar por separado.

### **Posibles Causas.**

1. Generalmente mezclas de agregado fino con alto contenido de asfalto de baja penetración.
2. Falta de tránsito en la vía (Montejo Fonseca, 1998).

### **Mantenimiento o Reparación.**

- Sellar las grietas con un producto adecuado y colocar un tratamiento superficial (Montejo Fon- seca, 1998).

## **4. Abultamientos y Hundimientos**

### **Descripción:**

Son abultamientos pequeños que están localizados arriba de los desplazamientos de la superficie del pavimento, y hundimientos pequeños que están abajo de los desplazamientos de la superficie de pavimento. Si

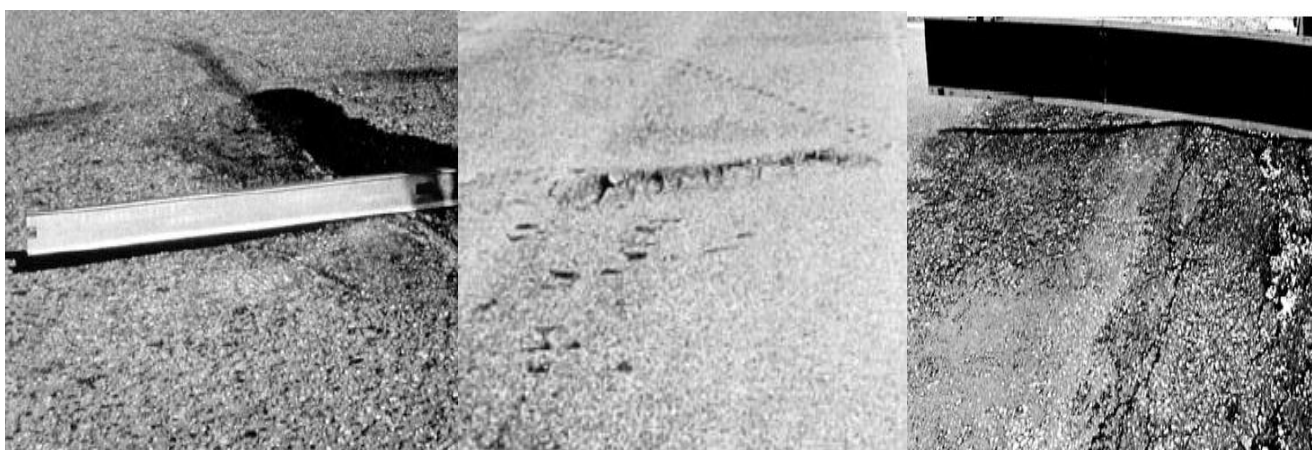




estos aparecen de manera perpendicular al tráfico y con un espaciamiento menor a 3 metros, se le llama corrugación.

### Niveles de Severidad

- L-Abultamientos o hundimientos que causan un nivel de baja severidad en la calidad de viaje.
- M-Abultamientos o hundimientos que causan un nivel de media severidad en la calidad de viaje.
- H-Abultamientos o hundimientos que causan un nivel de alta severidad en la calidad de viaje.



*Figura 64. Abultamiento y Hundimiento severidades L,M,H*

### Medición.

Los abultamientos o hundimientos deben ser medidos en metros lineales. Si el abultamiento ocurre en combinación con un agrietamiento, este también es registrado.

### Posibles Causas.

1. Hinchamiento por congelación.
2. Infiltración y acumulación de material en grietas en combinación con cargas de tráfico.

### Mantenimiento o Reparación.

- Reconstrucción de las zonas de pavimentos afectadas y construcción o reparación de bermas (Montejo Fonseca, 1998).

## 5. Corrugación u Ondulaciones

### Descripción.

Las ASTM D6443-11 describe a este deterioro como una serie de crestas y ondulaciones con cortos intervalos de separación usualmente menores a 3 m en lo largo del pavimento.

### Niveles de Severidad.

- L-Corrugaciones que causen una baja severidad en la calidad de viaje.
- M-Corrugaciones que causen una media severidad en la calidad de viaje.
- H-Corrugaciones que causen una alta severidad en la calidad de viaje.



Figura 65. Corrugación severidades L,M,H

### Medición.





La corrugación es medida en metros cuadrados del área de la superficie afectada.

### **Posibles Causas-**

Una posible causa que indica la norma nombrada anteriormente es:

1. La acción combinada del tráfico con una superficie inestable de pavimento o base.

### **Mantenimiento o Reparación.**

- Si la capa de rodadura es de un tratamiento superficial, escarificarla, mezclarla con la base y re-compactarla antes de colocar una nueva capa asfáltica.
- Si la capa asfáltica es gruesa, lo más conveniente es remover la capa, re-compactar la base y colocar una nueva carpeta. (Montejo Fonseca, 1998).

## **6. Depresiones**

### **Descripción.**

Este deterioro se define como depresiones que están localizadas en la superficie del pavimento con elevaciones un poco más bajas que a las cuales está envuelto el pavimento. Muchas veces, las depresiones suaves no son notables hasta después de una lluvia, cuando el agua encharcada crea un área de "baño de pájaros"; en pavimentos secos, las depresiones pueden ser notadas por las marcas que dejó el agua encharcada.

### **Niveles de Severidad**

- L-13 a 25 mm.
- M – 25 a 50 mm.

- H – Mayores a 50 mm.



*Figura 66. Depresión severidades L,M,H*

### **Medición.**

Este deterioro debe medido en metros cuadrados del área de la superficie afectada.

### **Posibles Causas.**

La norma indicada anteriormente apunta como posible causante de este deterioro a:

1. Asentamiento del terreno de cimentación.

### **Mantenimiento o Reparación.**

- Fresado en frío o bacheo de superficie delgada (Asphalt Pavement Distress Summary , 2016).

## **7. Agrietamiento de Borde**

### **Descripción.**

Se define como agrietamiento de bordes a las grietas en el borde que usualmente son paralelas con 0.3 a 0.5 metros al borde del pavimentos.

### **Niveles de Severidad.**

- L-Agrietamiento bajo o medio sin rompimiento o Deshilachamiento.
- M-Grietas medias con un poco de rompimiento y deshilachamiento.
- H-Rompimiento y deshilachamiento considerable a lo largo del borde.



*Figura 67. Agrietamiento de Borde severidades L,M,H*

### **Medición.**

El agrietamiento de borde debe medirse en metros lineales.

### **Posibles Causas.**

1. Ausencia de material de soporte.
2. Asentamiento de material subyacente.
3. Capa de base o sub-base débil.
4. Drenaje pobre.
5. Tráfico pesado o vegetación a lo largo del borde (Asphalt mary , 2016).

### **Mantenimiento o Reparación.**

- Mejora el drenaje
- Remover la vegetación cerca del borde.
- Llenar las grietas con una lechada asfáltica o emulsificación asfáltica (Asphalt Pavement Distress Summary, 2016).

## **8. Agrietamiento por Reflexión**



## Descripción.

La norma ASTM D6443-11 define específica que este deterioro solo ocurre en superficies de pavimentos que han sido asentadas sobre losas de concreto Portland. No incluye agrietamientos por reflexión de ninguna otra base. Este tipo de deterioro ocurre sobre las juntas de las losas de concreto Portland. (Miller y Bellinger, 2003).

## Niveles de Severidad.

En la norma se ASTM D6443-11 se defines los siguientes niveles de severidad:

- L – Por una de las siguientes condiciones:
  - Grietas sin sellar con un ancho menor a 10 mm. Grietas selladas con cualquier ancho.
- M – Por una de las siguientes condiciones:
  - Grietas sin sellar con un ancho igual o mayor a 10 mm, pero menor a 75 mm
  - Grietas sin sellar con un ancho menor a 75 mm rodeadas por un suave agrieta- miento secundario.
  - Grietas selladas de cualquier ancho rodeadas por un suave agrietamiento secundario.
- H – Por una de las siguientes condiciones:
  - Grietas selladas o no selladas rodeadas por un agrietamiento secundario de medio o alto nivel de severidad.
  - Grietas no selladas con anchos mayores a 75 mm.
  - Una grieta de cualquier ancho donde aproximadamente 100 mm de pavimento alrededor de la grieta está severamente deshilachado o roto.





*Figura 68. Agrietamiento por Reflexión severidades L,M,H*

## **Medición**

El agrietamiento por reflexión, según especifica la norma ASTM D6443-11, es medido en metros lineales. La longitud y nivel de severidad de cada grieta debe de ser identificado y registrado separadamente. Si una protuberancia ocurre en la grieta por reflexión también se registra.

## **Posibles Causas.**

1. Movimientos diferenciales entre las capas de asfalto y las de concreto Portland.
2. Puede deteriorarse más bajo tráfico pesado.(Asphalt Pavement Distress Summary ,2016)

## **Mantenimiento o Reparación.**

- Sellado de grietas. (Asphalt Pavement Distress Summary , 2016).

## **9. Desprendimiento de Borde.**

### **Descripción.**

Este deterioro se define como la diferencia de elevación entre el borde del pavimento y la berma.

### **Niveles de Severidad.**

- L – La diferencia entre el borde del pavimento y la berma es mayor a 25 mm y menor a 50 mm.
- M – La diferencia entre el borde del pavimento y la berma es mayor a 50 mm y menor a 100 mm.
- H – La diferencia entre el borde del pavimento y la berma es mayor a 100 mm.

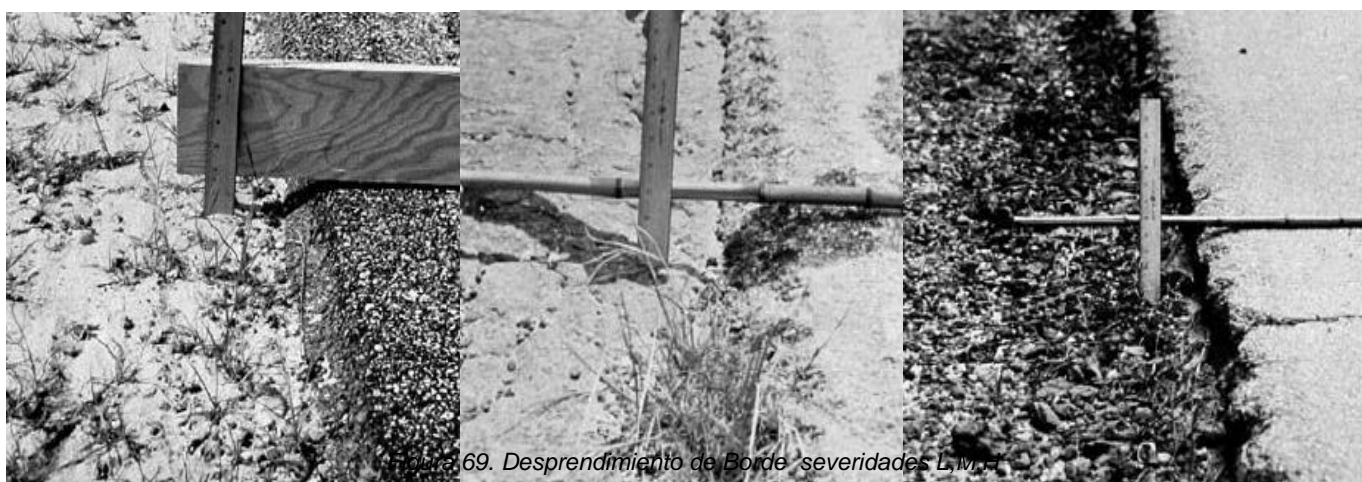


Figura 69. Desprendimiento de Borde severidades L, M, H

### **Medición.**

Se especifica que el deterioro de desprendimiento de borde se mide en metros lineales.

### **Posibles Causas.**

La norma ASTM D6443-11 también establece posibles causante para este deterioro:

1. Erosión de la berma.
2. Asentamiento de la berma.
3. Por la construcción de la vía sin ajustar el nivel de la berma.

### **Mantenimiento o Reparación**





- Reconstrucción de las zonas de pavimentos afectadas y construcción o reparación de bermas (Montejo Fonseca, 1998).

## **10. Agrietamiento Longitudinal y Transversal.**

### **Descripción.**

El agrietamiento longitudinal se define como grietas paralelas al eje de la dirección del pavimento, y el agrietamiento transversal como las grietas atraviesan el eje de pavimento formando aproximadamente un ángulo recto.

### **Niveles de Severidad**

- L – Una de las siguientes condiciones existentes:
  - Grietas no selladas con un ancho menor a 10 mm. Grietas selladas de cualquier ancho.
- M – Una de las siguientes condiciones existentes:
  - Grietas no selladas con un ancho mayor a 10 mm y menor a 75 mm.
  - Grietas selladas de cualquier ancho rodeada por un agrietamiento suave.
  - Grietas selladas con un ancho menor a 75 mm rodeadas por cualquier agrietamiento suave.
- H – Una de las siguientes condiciones existentes:
  - Grietas selladas o no selladas rodeadas por un agrietamiento con un nivel de severidad medio o alto.
  - Grietas no selladas con anchos mayores a 75 mm.
  - Grietas de cualquier ancho donde aproximadamente 100 mm circundantes al agrietamiento del pavimento esta severamente roto.





*Figura 70. Agrietamiento Longitudinal y Transversal severidades L,M,H*

### **Medición.**

Los agrietamientos longitudinales y transversales son medidos en metros lineales. La longitud y severidad de cada grieta debe ser registrado. Si la grieta no tiene el mismo nivel de severidad a lo largo de toda su extensión, cada porción de la grieta debe ser registrado por separado.

### **Posibles Causas.**

1. Contracción de la capa de asfalto.
2. Temperatura que cambia diariamente.
3. Agrietamiento en capas subyacentes que se reflejan a través del pavimento.
4. Segregación longitudinal causado por mala operación de la pavimentadora (Asphalt Pavement Distress Summary, 2016).

### **Mantenimiento o Reparación.**

- Mejorar el drenaje.
- Sellar las grietas con lechada asfáltica, emulsión asfáltica o una mezcla ligera de asfalto con arena fina.
- Proveer zanjas lateras de drenaje.
- (Asphalt Pavement Distress Summary, 2016).

### **11. Bacheo.**



## Descripción.

El bacheo es un área de pavimento que ha sido remplazado con material nuevo para reparar el pavimento existente. Un bacheo es considerado un defecto no importa que tan bien se haya llevado a cabo.

## Niveles de Severidad.

- L – Parche en buenas condiciones y satisfactorio. La calidad de viaje es catalogada como de baja severidad o mejor.
- M – Parche moderadamente deteriorado, o que la calidad de viaje es catalogada como de media severidad, o ambas.
- H – Parche muy deteriorado, o que la calidad de viaje sea catalogada de severidad alta, o ambas. Necesita ser remplazado pronto.



*Figura 71. Bacheo severidades L,M,H*

## Medición.

El bacheo es medido en metros cuadrados de área de la superficie afectada; si un parche tiene diferentes niveles de severidad, estos deben de ser medidos y registrados por separado. Ningún otro deterioro debe ser registrado con el bacheo.

## Posibles Causas.



1. Una porción de pavimento ha sido removido y remplazado
2. Una porción de pavimento donde material adicional ha sido añadido.
3. Técnicas de instalación pobres como compactación inadecuada, materiales indebidos o de calidad inferior. (Asphalt Pavement Distress Summary, 2016).

## **Mantenimiento o Reparación.**

- Reemplazar el parche deteriorado con un nuevo parche profundo. (Asphalt Pavement Distress Summary, 2016).

## **12. Agregado Pulido.**

### **Descripción.**

Este deterioro es causado por la repetición de cargas de tránsito. El agregado pulido se presenta cuando una examinación cercana del pavimento revela que la porción de agregado que se extiende sobre el asfalto es muy pequeña, o ya no tiene rugosidad o agregado angular para dar rugosidad. Cuando el agregado en la superficie se vuelve suave al tacto, la adherencia de los neumáticos de los vehículos se reduce considerablemente.

### **Niveles de Severidad.**

- No hay niveles de severidad definidos; sin embargo, el grado de pulido debe ser claramente evidente.





*Figura 72. Agregado Pulido*

### **Medición.**

El agregado pulido debe de ser medido en metros cuadrados del área de la superficie afectada. Si existe sangrado, el agregado pulido no debe de ser contado.

### **Posibles Causas.**

1. Agregado suave que se pule rápidamente bajo cargas de tráfico.

### **Mantenimiento o Reparación.**

- Cualquier tratamiento superficial excepto fog seal.

### **13. Baches.**

#### **Descripción.**

Los baches son pequeñas (diámetro menor que 750 mm) depresiones en forma de tazón en la superficie del pavimento. Que generalmente tienen bordes afilados y lados verticales cerca del tope del agujero. Cuando los baches son creados por piel de cocodrilo con un nivel de severidad alto, debe ser identificado bache.

#### **Niveles de Severidad.**

Los niveles de severidad están basados en Cuadro 1:

**Cuadro 1: Niveles de severidad en baches Diámetro promedio**

Profundidad máxima del bache	100 a 200mm	200 a 450 mm	450 a 750 mm
13 a $\leq$ 25 mm	L	L	M
>25 mm y $\leq$ 50 mm	L	M	H
>50 mm	M	M	H

Nota. Fuente: ASTM D6443-11 Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys.

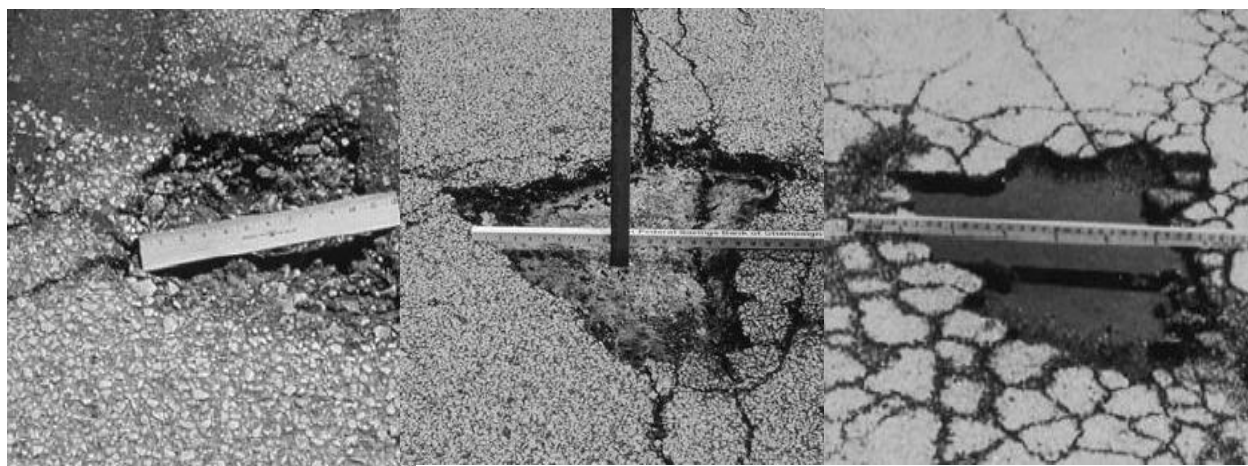


Figura 73. Baches severidades L,M,H

## Medición.

Los baches se miden el número de niveles de severidad y registrándolos por separado.

## Posibles Causas.

1. Drenaje subterráneo deficiente.
2. Contaminación y/o heterogeneidad de las capas del pavimento.
3. Densidad local insuficiente (Montejo Fonseca, 1998).

## Mantenimiento o Reparación.



- Ejecución de un parche remplazando los materiales inadecuados. Si el tránsito lo impide realizar nivelaciones sistemáticas con concreto asfáltico.

## 14. Cruce de Rieles de Tren

### Descripción.

Los deterioros generados por el cruce de vías de tren son depresiones o protuberancias al rededor, o entre los rieles, o ambas.

### Niveles de Severidad.

- L – Cruce de rieles que causan un nivel de baja severidad en la calidad de viaje.
- M – Cruce de rieles que causan un nivel de media severidad en la calidad de viaje.
- H – Cruce de rieles que causan un nivel de alta severidad en la calidad de viaje.



Figura 74. Cruce de rieles de Tren severidades L,M,H

### Medición.





El área de cruce de vías de tren se mide en metros cuadrados. Si el cruce no afecta a la calidad de viaje, éste no debe de ser contado. Cualquier protuberancia creada por las vías del tren debe ser contada como parte del cruce.

## **15. Ahuellamiento.**

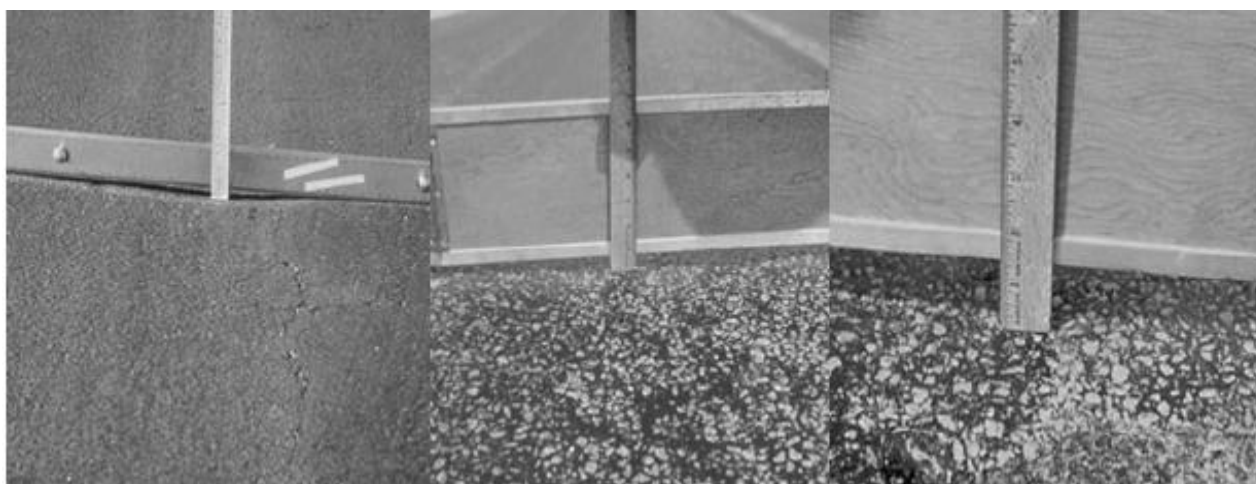
### **Descripción.**

El ahuellamiento es una depresión en el camino que siguen los neumáticos. Levantamiento del pavimento puede ocurrir a lo largo de los bordes de ahuellamiento, pero en muchas instancias, el ahuellamiento es notable solo después de una lluvia cuando las huellas se llenan con agua.

### **Niveles de Severidad.**

Profundidad media de ahuellamiento.

- L – 6 a 13 mm.
- M – mayor a 13 y menor que 25 mm.
- H – mayor a 25 mm



*Figura 75. Ahuellamiento severidades L,M,H*

### **Medición.**



El ahuellamiento es medido en metros cuadrados del área de la superficie afectada, y su severidad es determinada por su profundidad.

### **Posibles Causas.**

1. Consolidación o movimiento lateral de cualquiera de las capas de pavimento o sub- base bajo cargas de tránsito.
2. Insuficiente espesor.
3. Compactación deficiente.
4. Debilitamiento del pavimento debido a la infiltración de humedad.
5. Mezclas débiles de asfalto (Asphalt Pavement Distress Summary, 2016).

### **Mantenimiento o Reparación.**

- Lechada asfáltica o un bacheo superficial delgado (Asphalt Pavement Distress Summary, 2016).

## **16. Empuje o Desplazamiento**

### **Descripción.**

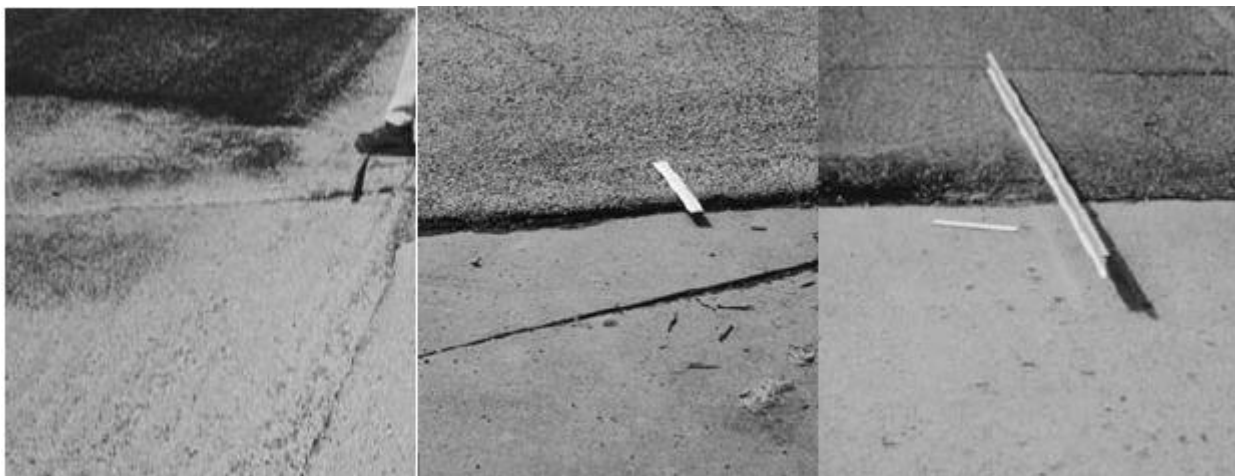
El empuje es un deterioro que causa un desplazamiento longitudinal permanente de un área localizada en la superficie del pavimento causada por las cargas de tráfico. Cuando el tráfico empuja contra el pavimento, se produce una corta y abrupta ola en la superficie. En las figuras 24 y 25 se puede ver deterioros de empuje.

### **Niveles de Severidad.**

- L – Empuje que causa un nivel de baja severidad en la calidad de viaje.
- M – Empuje que causa un nivel de media severidad en la calidad de viaje.



- H – Empuje que causa un nivel de alta severidad en la calidad de viaje.



*Figura 76. Desplazamiento severidades L,M,H*

### **Medición.**

El deterioro por empuje es medido en metros cuadrados del área de la superficie afectada. Si deterioros por empuje ocurren en bacheos se consideran dentro de éste, y no por separado.

### **Posibles Causas.**

1. Mezclas demasiado altas en asfalto.
2. Pocos vacíos de aire.
3. Contenido alto de agregado fino.
4. Humedad excesiva o contaminación en la base granular.
5. Agregado suave o redondeado.
6. Cantidad errónea de asfalto (Asphalt Pavement Distress Summary, 2016).

### **Mantenimiento o Reparación.**

- Bacheo profundo (Asphalt Pavement Distress Summary, 2016).

## **17. Agrietamiento por deslizamiento.**



## Descripción.

Las grietas por deslizamiento tienen forma de media luna o luna creciente, usualmente son transversales a la dirección del viaje.

## Niveles de Severidad.

- L – Ancho promedio de la grieta es menor a 10 mm.
- M – Existe una de las siguientes condiciones:
  - Ancho de grieta promedio mayor a 10 mm y menor a 40 mm.
  - El área alrededor de la grieta está agrietamientos secundarios.
- H- Existe una de las siguientes condiciones:
  - Ancho de grieta promedio mayor a 40 mm.
  - El área alrededor de la grieta está roto y los pedazos son de fácil desprendimiento

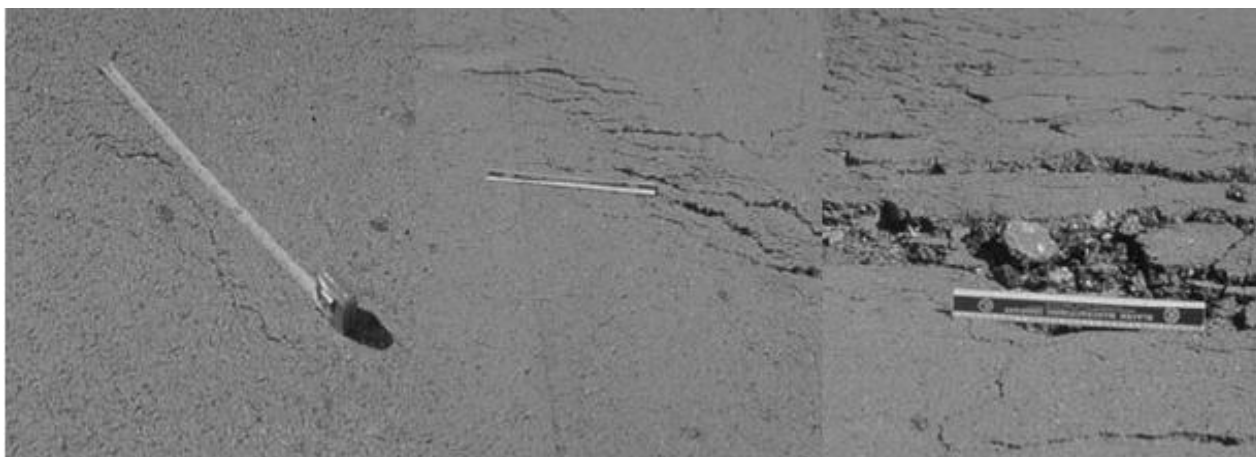


Figura 77. Agrietamiento por Deslizamiento severidades L,M,H

## Medición.

El área asociada con un agrietamiento por deslizamiento es medida en metros cuadrados y clasificada de acuerdo al nivel más alto de severidad del área.

## Posibles Causas.



1. Unión deficiente entre la capa de superficie y las de debajo debido al polvo, aceite, suciedad, agua y otros materiales no adhesivos.
2. Riego de liga no ha sido utilizado.
3. Mezclas con alto contenido de arena.
4. Movimiento vehicular en pavimentos con una mezcla superficial de baja resistencia (Asphalt Pavement Distress Summary, 2016).

### **Mantenimiento o Reparación.**

- Bacheo parcial o profundo (Asphalt Pavement Distress Summary, 2016).

### **18.Hinchamiento.**

#### **Descripción.**

El hinchamiento se caracteriza por un bulto en la parte superior de la superficie del pavimento, a lo largo, ondulaciones graduales con una longitud de más de 3 metros. El hinchamiento puede venir acompañado por una superficie de agrietamiento.

#### **Niveles de Severidad.**

- L – Hinchamiento que cause un nivel bajo de severidad en la calidad de viaje. Este nivel no siempre es fácil de notar, pero puede ser detectado manejando al límite de la velocidad permitida sobre la sección de pavimento; un movimiento hacia arriba ocurrirá en el hinchamiento si es que esté presente
- M – Hinchamiento que cause un nivel medio de severidad en la calidad de viaje.
- H – Hinchamiento que cause un nivel superior de severidad en la calidad de viaje.



*Figura 78. Hinchamiento*

### **Medición.**

El área de hinchamiento es medido en metros cuadrados.

### **Posibles Causas.**

1. Suelos expansivos (los cuales se hinchan en presencia de humedad).
2. Hinchamiento por congelación (Asphalt Pavement Distress Summary, 2016).

### **Mantenimiento o Reparación**

- Bacheo profundo (Asphalt Pavement Distress Summary, 2016).

### **19. Deshilachamiento.**

#### **Descripción.**

El deshilachamiento es el desalojo de agregado grueso.

## Niveles de Severidad.

- M – Considerable pérdida de agregado grueso, mayor que 20 por cada yarda cuadrada, o grupos de agregado perdido están presentes, o ambos.
- H – Superficie bien rugosa y con llena de cráteres, puede estar el agregado completa- mente removido.



*Figura 79. Meteorización severidades M,H*

## Medición.

El deshilachamiento es medido en metros cuadrados de área de la superficie afectada. El daño mecánico causado por aros de neumáticos, arrastres de gancho, o máquinas quitanieves, también son contados como deshilachamiento.

## Posibles Causas.

1. Ligante asfáltico se ha endurecido excesivamente.
2. Mezcla de baja calidad.
3. Distress Summary, 2016).

## **Mantenimiento o Reparación.**

- Cual tratamiento superficial. (Asphalt Pavement Distress Summary, 2016).

### **20. Meteorización (desgaste de la superficie).**

#### **Descripción.**

Es el desgaste del ligante de asfalto y matriz de agregado fino.

#### **Niveles de Severidad.**

- L – La superficie de asfalto ha empezado a mostrar signos de envejecimiento puede ser acelerado por las condiciones climáticas. La pérdida de la matriz de agregado fino es notable y puede venir acompañada por desvanecimiento del color del asfalto. Los bordes del agregado grueso empiezan a ser expuestos (menor a 1 mm). Los pavimentos pueden ser relativamente nuevos (6 meses)
- M – La pérdida de la matriz de agregado fino es notable y los bordes del agregado grueso son expuestos hasta  $\frac{1}{4}$  del ancho (lado más largo) del agregado grueso debido a la pérdida de matriz de agregado fino.
- H – Los bordes del agregado grueso son expuestos una distancia mayor a  $\frac{1}{4}$  del ancho (del lado más largo) del agregado grueso. Hay una pérdida considerable de la matriz de agregado fino o alguna pérdida de agregado grueso.



Figura 80. Meteorización severidades L,M,H

### Medición.

El desgaste de la superficie es medido en metros cuadrados. Este deterioro no es medido donde ha sido registrado un deshilachamiento de nivel de severidad medio o alto.

### Posibles Causas.

1. Ligante asfáltico se ha endurecido excesivamente.
2. Mezcla de baja calidad
3. Usualmente para que ocurra requiere la presencia de tráfico y agua. (Asphalt Pavement Distress Summary, 2016).

### Mantenimiento o Reparación.

- Cualquier tratamiento superficial. (Asphalt Pavement Distress Summary, 2016).
- H – Los bordes del agregado grueso son expuesto una distancia mayor a  $\frac{1}{4}$  del ancho (del lado más largo) del agregado grueso. Hay una pérdida considerable de la matriz de agregado fino o alguna pérdida de agregado grueso.

### ANEXO D1. CURVAS DE VALORES DEDUCIBLES PARA PAVIMENTOS ASFÁLTICOS (PCI)

Las figuras a continuación sirven para determinar el valor de deducción dependiendo del tipo de falla, densidad y severidad correspondiente.







Figura 81. Gráficas del Valor Deducido

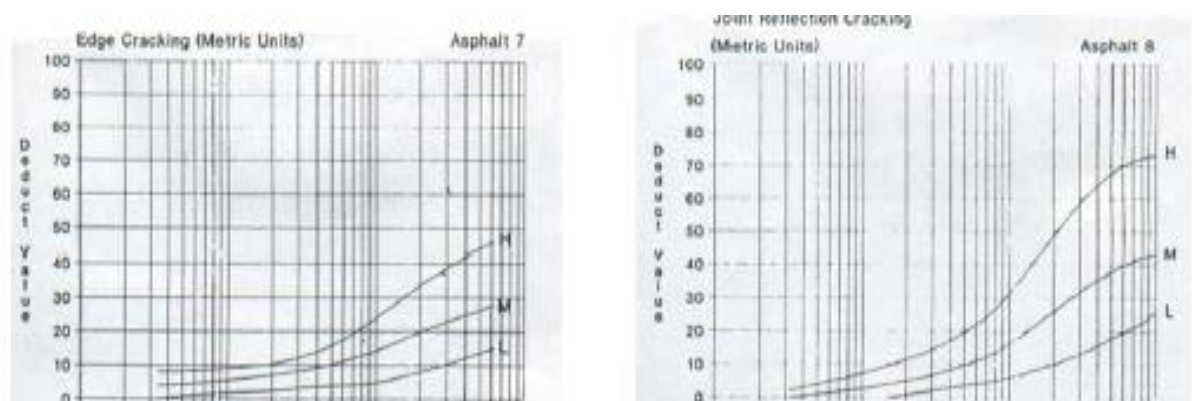




Figura 82. Gráficas del Valor Deducido

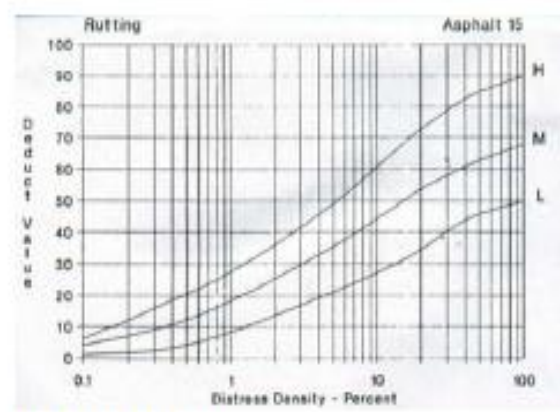
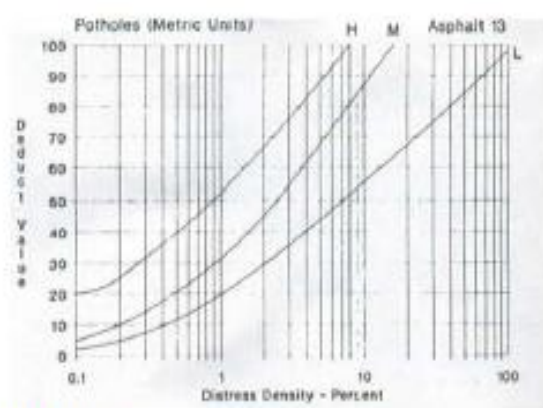
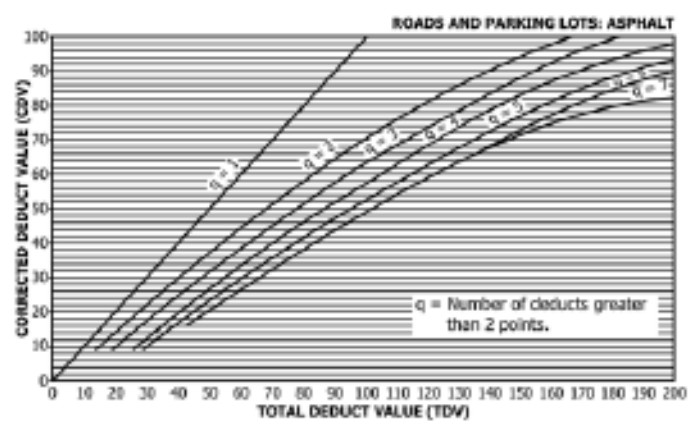




Figura 83. Gráficas del Valor Deducido





*Figura 84. Curva valor deducible corregido*

## **ANEXO E. MANUAL DE FALLAS PAVIMENTO RÍGIDO (PCI)**

### **Blow up / buckling (levantamiento localizado)**



El levantamiento localizado, ocurre en climas cálidos, generalmente se producen cuando en una losa existen grietas transversales o juntas que no son lo suficientemente amplias para permitir la expansión de la losa.

Medición del Deterioro. - El desnivel producido por este deterioro se mide en metros para una losa. Sin embargo, si ocurre en una junta y afecta a dos losas se cuenta en ambas.

Causas:

1. Infiltración de materiales incompresibles.
2. Mala colocación de barras de transferencia.
3. Presencia de un estrato de suelos expansivos a poca profundidad.
4. La libre expansión de las losas causando un movimiento hacia arriba en los bordes de la losa.
5. Variaciones térmicas cuando la longitud de las losas es excesiva y no cuenta con juntas de expansión.

Medidas de corrección

Si el deterioro es L, no se realiza ninguna acción.

Si el deterioro es M o H, se realiza un parcheo profundo o reemplazo de la losa.



*Figura 85. Blow up / buckling severidades L,M,H*

## Corner break (grieta de esquina)

Una grieta de esquina es una grieta que intercepta dos juntas continuas de una losa a una distancia menor o igual que la mitad de la misma en ambos lados, mediad desde la esquina.

Medición del Deterioro. - Se mide la longitud de la grieta en metros. Para el caso del cálculo del PCI la losa dañada se registra como una (1) losa si:

1. Sólo tiene una grieta de esquina.
2. Contiene más de una grieta de una severidad particular.
3. Contiene dos o más grietas de severidades diferentes.

Para dos o más grietas se registrará el mayor nivel de severidad.

Causas:

1. Asentamiento de la base o subrasante
2. Alabeo (distorsión que sufre una losa tomando una forma curvada hacia arriba o hacia abajo encorvando sus bordes) térmico.
3. Acción del tránsito pesado.
4. Repetición de cargas combinadas con la pérdida de soporte.
5. Variación en el espesor de la losa.

Niveles de severidad:

L: Grietas con abertura < a 13mm

M: Grietas con abertura > a 13 mm y < a 50 mm.

H: Grietas con abertura > a 50 mm.

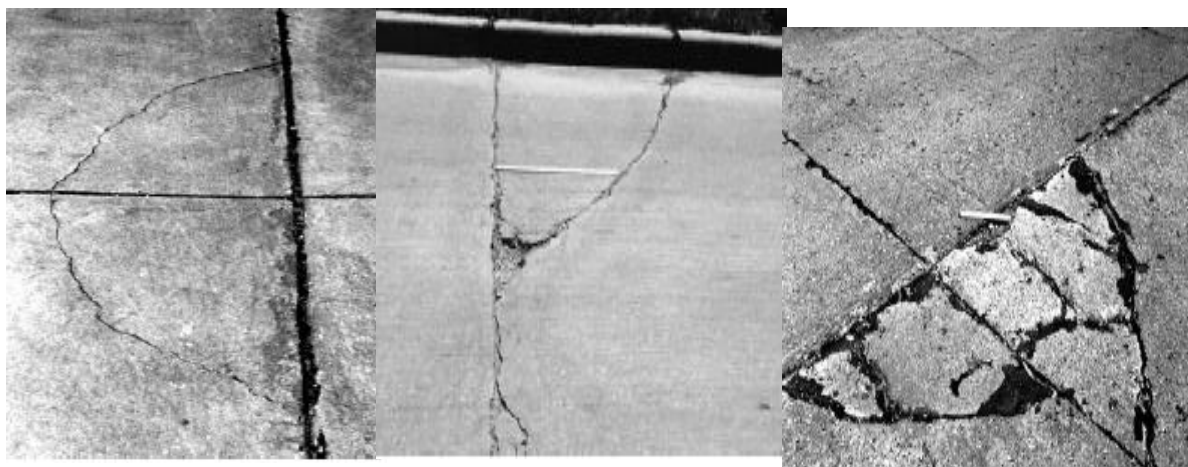


Figura 86. Grieta de esquina severidades L,M,H

## Medidas de corrección

Si el deterioro es L y el ancho de la grieta es mayor a 3 mm se realiza sellado.  
Si el deterioro es M se realiza sellado o parcheo profundo. Para grietas de severidad H se realiza parcheo profundo.

## Divide Slab (losa dividida)

La losa dividida se da cuando las grietas dividen a la losa en cuatro o más pedazos. Si todos los pedazos o grietas están contenidos en una grieta de esquina, el daño se clasifica como una grieta de esquina severa.

Medición del Deterioro. - Si la losa dividida es de severidad media o alta, no se contabiliza otro tipo de deterioro.

Causas:

1. Sobrecarga o a soporte inadecuado.
2. Perdida de soporte de fundación.
3. Variaciones en el espesor de la losa.

Niveles de severidad:

Severidad de la mayoría de grietas	Número de pedazos en la losa agrietada		
	4 a 5	6 a 8	8 o más
L	L	L	M
M	M	M	H
H	M	M	H



Figura 87. Losa dividida severidades L,M,H



## Medidas de corrección

Si el deterioro es L y el ancho de la grieta es mayor a 3 mm se realiza sellado.

Si el deterioro es M o L se procede a reemplazar la losa.

### **Durability (“D”) cracking (grieta de durabilidad “D”)**

Son grietas que aparecen como un patrón de grietas paralelas y cercanas a una junta o a una grieta lineal con forma de un cuarto de luna. Dado que el concreto se satura cerca de las juntas y las grietas, es común encontrar un depósito de color oscuro en las inmediaciones de las grietas “D”. Este tipo de daño puede llevar a la destrucción eventual de la totalidad de la losa.

Medición del Deterioro. -Se debe establecer la superficie en m<sup>2</sup> de cada losa.

Para el cálculo del PCI cuando el daño se localiza y se califica en una severidad, se cuenta como una losa. Si existe más de un nivel de severidad, la losa se cuenta como poseedora del nivel de daño más alto.

Causas:

1. Son causadas por la expansión de los agregados grandes debido al proceso de congelamiento y descongelamiento, el cual, con el tiempo, fractura gradualmente el concreto.
2. Humedecimiento excesivo en el borde de los pavimentos.

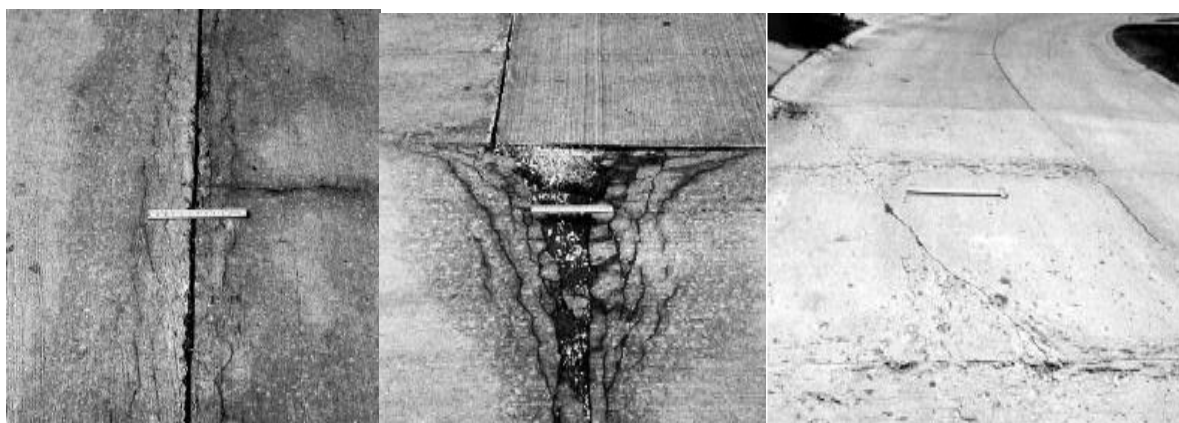
Niveles de severidad:

L: Las grietas “D” cubren menos del 15% del área de la losa. Grietas finas muy cercanas sin o muy bajo desprendimiento de material.

M: Existe una de las siguientes condiciones:

1. Las grietas “D” cubren menos del 15% del área de la losa y la mayoría de los pedazos se han desprendido o pueden removerse con facilidad.
2. Las grietas “D” cubren más del 15% del área. La mayoría de las grietas están cerradas, pero unos pocos pedazos se han desprendido o pueden removerse fácilmente.

H: Las grietas “D” cubren más del 15% del área y la mayoría de los pedazos se han desprendido o pueden removerse fácilmente.



*Figura 88. Grieta de durabilidad severidades L,M,H*

### Medidas de corrección

Si la severidad del deterioro es L, no se hace nada. Si es M se procede a o H se realiza parcheo profundo, reconstrucción de juntas o reemplazo de la losa.

### Faulting (escala o desplazamiento)

Diferencias de nivel entre losas. Notable en las juntas.

Medición del Deterioro. - La escala a través de una junta se cuenta como una losa. Se cuentan únicamente las losas afectadas. Las escalas a través de una grieta no se cuentan como daño, pero se consideran para definir la severidad de las grietas.

Causas:

1. Drenaje defectuoso (disminuye el soporte de fundación).
2. Transferencia de cargas deficiente en las juntas.
3. Alabeo de los bordes de la losa debido a cambios de temperatura o humedad.
4. Bombeo o erosión del material debajo de la losa.

Niveles de severidad:

L: Diferencia de nivel de 3 mm a 10 mm.

M: Diferencia de nivel de 10 mm a 19 mm.

H: Diferencia de nivel mayor a 19 mm.





Figura 89. Escala severidades L,M,H

### Medidas de corrección

Si la severidad del deterioro es L, no se hace nada. Si es M o H se realiza fresado de la parte afectada.

#### **Joint seal damage (daño del sellado de junta)**

El daño del sellado de junta se da por el desprendimiento del sello de las juntas que permite la entrada de materiales incomprensibles e infiltración de agua superficial, esto impide que la losa se expanda ocasionando levantamiento o descascaramiento.

Medición del Deterioro. - Las deficiencias del material de sello no se contabilizan de losa en losa. La calificación asignada se refiere a la condición del material de sello en toda el área.

#### Causas:

1. Desprendimiento del sellante de la junta.
2. Extrusión del sellante (se sale).
3. Crecimiento de vegetación.
4. Endurecimiento del material llenante (oxidación).
5. Perdida de adherencia a los bordes de la losa.
6. Falta o ausencia del sellante en la junta.

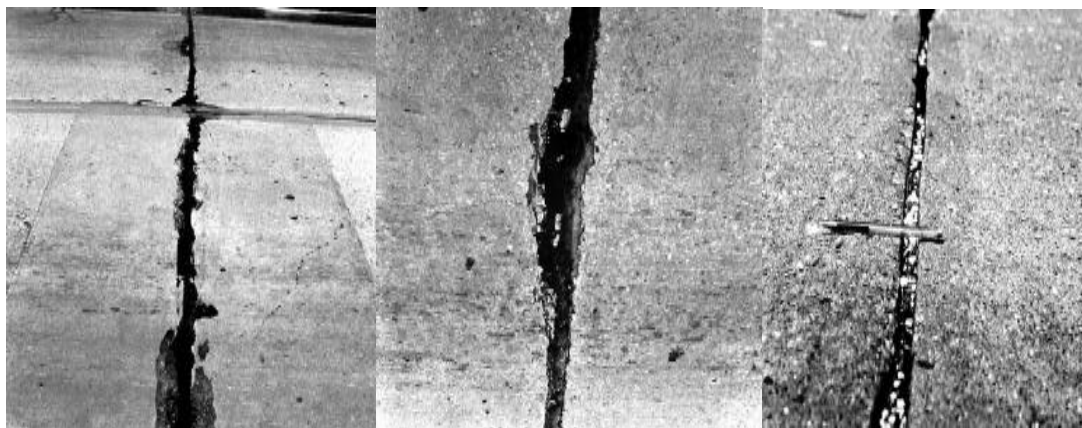
#### Niveles de severidad:

L: El sellante está en una condición buena en forma general en toda la sección. Se comporta bien, con solo daño menor.



M: Está en condición regular en toda la sección, con uno o más de los tipos de daño que ocurre en un grado moderado. El sellante requiere reemplazo en dos años.

H: Está en condición generalmente buena en toda la sección, con uno o más de los daños mencionados arriba, los cuales ocurren en un grado severo. El sellante requiere reemplazo inmediato.



*Figura 90. Daño sello de junta severidades L,M,H*

### **Medidas de corrección**

Si la severidad del deterioro es L, no se hace nada. Si es M o H se realiza resellado de juntas.

### **Lane/shoulder drop-off (desnivel carril / berma)**

El desnivel carril/berma es la diferencia de altura entre el borde del carril y la berma. Sucede cuando la berma sufre asentamiento o erosión.

Medición del Deterioro. -Se calcula promediando los desniveles máximo y mínimo a lo largo de la losa, se mide el desnivel en metros.

Cada losa que exhiba el daño se mide separadamente y se registra como una losa con el nivel de severidad apropiado.

Causas:

1. Asentamiento de la berma por compactación insuficiente.
2. Erosión de la capa superficial por agua
3. Incremento de la infiltración de agua

**Niveles de severidad:**

L: La diferencia de nivel entre el borde del pavimento y la berma es de 25.0 mm a 51.0 mm.

M: La diferencia de niveles es de 51.0 mm a 102.0 mm.

H: La diferencia de niveles es mayor que 102.0 mm.



*Figura 91. Desnivel carril / berma severidades L,M,H*

**Medidas de corrección**

Si la severidad del deterioro es L, M o H se procese a realizar renivelación y llenado de bermas para coincidir con el nivel del carril.

**NOTA 2:** En la norma ASTM D6433-11 las siguientes grietas toma en un solo grupo (LINEAR CRACKING), para mayor entendimiento en este documento se desarrolló individualmente cada grieta (Longitudinal, Transversal y Diagonal).

**Longitudinal linear cracking (Grieta lineal longitudinal)**

La grieta lineal transversal se da por el agrietamiento de la losa paralelo al eje del pavimento, dividiendo la losa en dos o tres pedazos.

Causas:

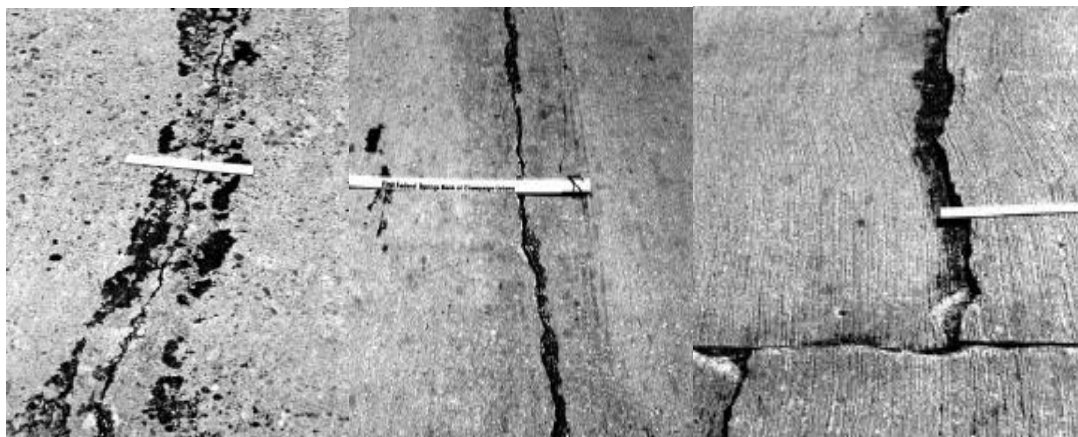
1. Acción del tránsito pesado.
2. Perdida del soporte de fundación
3. Ausencia de juntas longitudinales
4. Gradientes de tensión por cambios climáticos.
5. Losas con relación ancho/longitud excesiva.

### **Transverse linear cracking (Grieta lineal transversal)**

La grieta lineal transversal se da por el agrietamiento de la losa aproximadamente perpendicular al eje del pavimento, dividiendo la losa en dos o tres pedazos.

Causas:

1. Acción del tránsito pesado.
  2. Perdida del soporte de fundación
  3. Ausencia de juntas transversales.
  4. Variaciones en el espesor de la losa.
  5. Losas con relación ancho/longitud excesivo.
- Frecuentemente acompañadas de hundimientos.



*Figura 92. Grieta lineal severidades L,M,H*

### **Diagonal linear cracking (Grieta lineal diagonal)**

La grieta lineal longitudinal se da por el agrietamiento de la losa oblicua al eje del pavimento, dividiendo la losa en dos o tres pedazos.

Causas:

6. Acción del tránsito pesado.
7. Perdida del soporte de fundación
8. Variaciones en el espesor de la losa.
9. Transferencia de carga deficiente en las juntas.

**Para los tres tipos de fallas lineales:**

Medición del Deterioro. -Se debe medir la longitud de la grieta en metros.



Para el cálculo de PCI, una vez que se ha establecido la severidad, el daño se registra como una (1) losa. Si dos grietas de severidad media se presentan en una losa, se cuenta dicha losa como una poseedora de grieta de alta severidad.

Niveles de severidad:

Losas sin refuerzo

L: Grietas no selladas con ancho menor que 12.0 mm.

M: Existe una de las siguientes condiciones:

1. Grieta no sellada con ancho entre 12.0 mm y 51.0 mm.
2. Grieta no sellada de cualquier ancho hasta 51.0 mm con escala menor que 10.0 mm.
3. Grieta sellada de cualquier ancho con escala menor que 10.0 mm.

H: Existe una de las siguientes condiciones:

1. Grieta no sellada con ancho mayor que 51.0 mm.
2. Grieta sellada o no de cualquier ancho con escala mayor que 10.0 mm.

Losas con refuerzo

L: Grietas no selladas con ancho entre 3.0 mm y 25.0 mm.

M: Existe una de las siguientes condiciones:

1. Grieta no sellada con un ancho entre 25.0 mm y 76.0 mm y sin escala.
2. Grieta no sellada de cualquier ancho hasta 76.0 mm con escala menor que 10.0 mm.
3. Grieta sellada de cualquier ancho con escala hasta de 10.0 mm.

H: Existe una de las siguientes condiciones:

1. Grieta no sellada de más de 76.0 mm de ancho.
2. Grieta sellada o no de cualquier ancho y con escala mayor que 10.0 mm.

Medidas de corrección

Si la severidad del deterioro es L y el ancho de la grieta es mayor a 3 mm se procede a sellarla.

Si el nivel de deterioro es M se realiza parcheo profundo y si es H se reemplaza la losa.



### **Patching, large and utility cuts (Parche grande y acometidas de servicios públicos, más de 0.5 m<sup>2</sup>)**

Un parche es un área donde el pavimento original ha sido removido y reemplazado por material nuevo. Una excavación de servicios públicos (utility cuts) es un parche que ha reemplazado el pavimento original para permitir la instalación o mantenimiento de instalaciones subterráneas

Causas:

1. La retracción del fraguado puede separar el parche de concreto antiguo, sino se utiliza un epóxido como material de adhesión.
2. Insuficiente traspaso de cargas en las juntas de contracción o mala construcción.

### **Patching, Small (Parche, pequeño, menos de 0.5 m<sup>2</sup>)**

Es un área donde el pavimento original ha sido removido y reemplazado por un material de relleno.

Causas:

1. Efecto del tránsito sobre concreto de calidad pobre.
2. Deficiencias de construcción.

Para los dos tipos de parche:

Medición del Deterioro. -Determinar el número (Nº) de parches y la superficie (m<sup>2</sup>) del área afectada.

Para el cálculo del PCI si una losa tiene uno o más parches con el mismo nivel de severidad, se cuenta como una losa que tiene ese daño. Si una sola losa tiene más de un nivel de severidad, se cuenta como una losa con el mayor nivel de severidad.

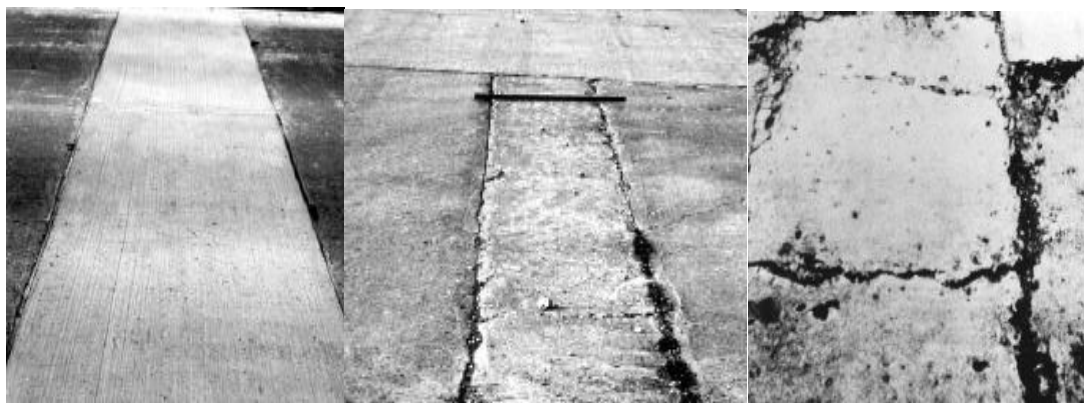
Niveles de severidad:

L: El parche está funcionando bien, con poco o ningún daño.

M: El parche esta moderadamente deteriorado o moderadamente descascarado en sus bordes. El material del parche puede ser retirado con esfuerzo considerable

H: El parche está muy dañado. El estado de deterioro exige reemplazo.





*Figura 93. Parche severidades L,M,H*

### **Medidas de corrección**

Si la severidad del deterioro es L, no se hace nada. Si el nivel de deterioro es M se realiza sellado de las grietas o reemplazo del parche y si es H se reemplaza el parche.

### **Polished Aggregate (pulimiento de agregados)**

Carencia o pérdida de la textura superficial necesaria para que exista una fricción adecuada entre el pavimento y neumáticos. Los agregados de la superficie se vuelven suaves al tacto.

La reducción de la fricción o resistencia al deslizamiento, puede alcanzar niveles de riesgo para la seguridad del tránsito.

Medición del Deterioro.-Se mide metros cuadrados de área afectada.  
Una losa con agregado pulido se cuenta como una losa.

#### **Causas:**

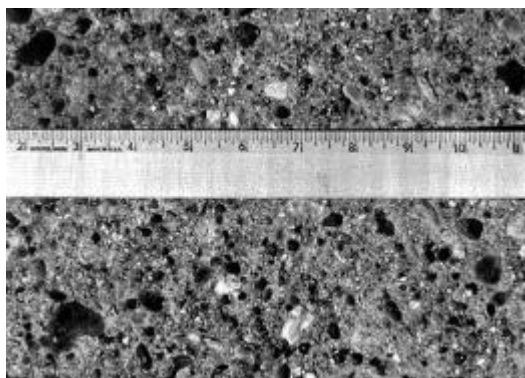
1. Efecto del tránsito sobre concreto de calidad pobre, produciendo el desgaste superficial de agregados de naturaleza degradable.
2. Exceso de mortero por mucha vibración o mala dosificación.
3. Mala terminación superficial del concreto.

### Niveles de severidad:

No se definen niveles de severidad, se debe hacer de una inspección visual; debe graduarse en función de la reducción que experimente la resistencia al deslizamiento (coeficiente de fricción).

Medidas de corrección

Si la severidad del deterioro es L, M o H se ranura la superficie. Sobre carpeta.



*Figura 94. Pulimento de Agregado*

### Popouts (desintegración, desprendimiento, agujeros)

El popout es un pequeño pedazo de pavimento que se desprende de la superficie del mismo. Varían en tamaño con diámetros entre 25.0 mm y 102.0 mm y en espesor de 13.0 mm a 51.0 mm.

Medición del Deterioro. -Debe medirse la densidad del daño. Si existe alguna duda de que el promedio es mayor que tres popout por metro cuadrado, deben revisarse al menos tres áreas de un metro cuadrado elegidas al azar. Cuando el promedio es mayor que dicha densidad, debe contabilizarse la losa.

Causas:

1. Partículas blandas o fragmentos de madera rotos y desgastados por el tránsito.
2. Concretos mal dosificado, de calidad pobre y/o con exceso de mortero.
3. Agregados de inapropiada granulometría.
4. Material inapropiado en el interior del concreto tal como terrones de arcilla o cal viva.
5. En climas fríos, acción combinada del tránsito con ciclos de hielo y deshielo.

## 6. Curado inapropiado.

### Niveles de severidad:

No se definen grados de severidad. Sin embargo, el popout debe ser extenso antes que se registre como un daño. La densidad promedio debe exceder aproximadamente tres por metro cuadrado en toda el área de la losa.



*Fig 95. Popouts*

### Medidas de corrección

Si la severidad del deterioro es L, M o H no se realiza nada.

### Punchout (Punzonamiento)

Este daño es un área localizada de la losa que está rota en pedazos. Puede tomar muchas formas y figuras diferentes pero, usualmente, está definido por una grieta y una junta o dos grietas muy próximas, usualmente con 1.52 m entre sí.

Medición del Deterioro.- Si la losa tiene uno o más punzonamientos, se contabiliza como si tuviera uno en el mayor nivel de severidad que se presente.



**Causas:**

1. Una sección de una losa de hormigón situada entre dos fisuras de contracción muy próximas se rompe y desciende bajo la acción de cargas pesadas.
2. Espesor inadecuado de la losa.
3. La pérdida de soporte de la fundación.
4. Deficiencia localizada de construcción del concreto.

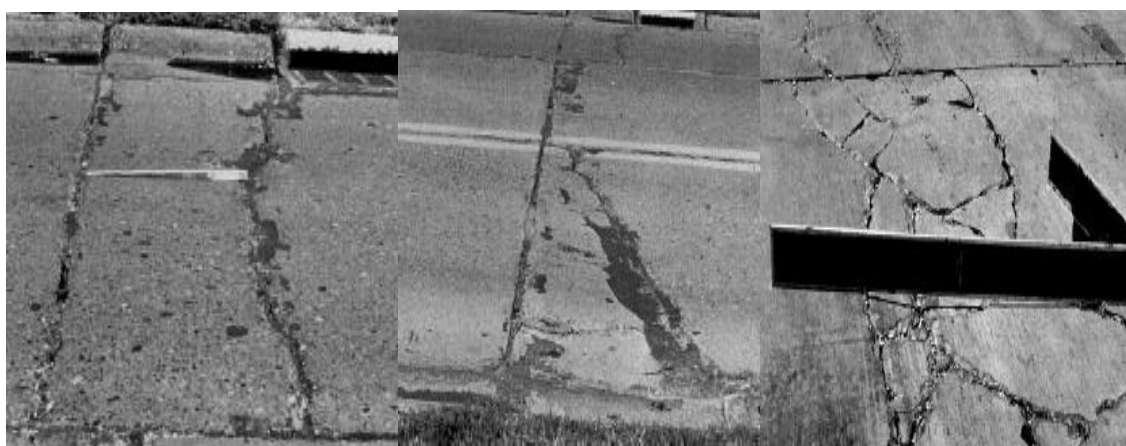
Niveles de severidad: se presenta en la Tabla 2.

**Niveles de Severidad para Punzonamiento**

Severidad de la mayoría de grietas	Número de pedazos en la losa agrietada		
	2 a 3	4 a 5	Más de 5
L	L	L	M
M	L	M	H
H	M	H	H

*Tabla 149. Niveles de severidad punzonamiento*

**Nota.** Fuente: ASTM D6433 - 11



*Figura 95. Punzonamiento severidades L,M,H*



### ***Medidas de corrección***

*Si la severidad del deterioro es L se realiza sello de grietas. Para niveles de severidad M y H se procede realizar un parcheo profundo.*

**ANEXO E1. CURVAS DE VALORES DEDUCIBLES PARA PAVIMENTOS RÍGIDOS (PCI)**

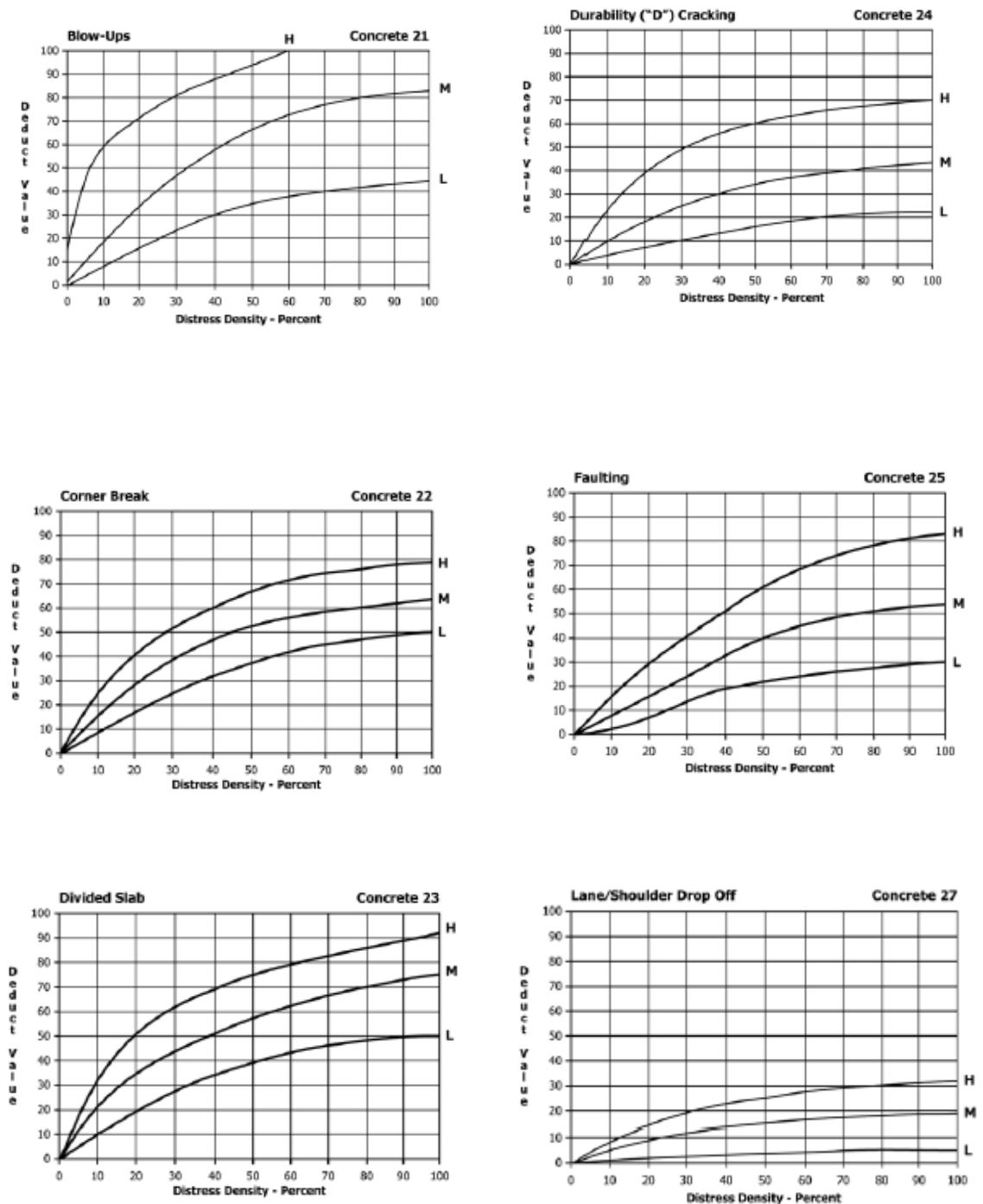


Figura 96. Gráficas del Valor Deducido

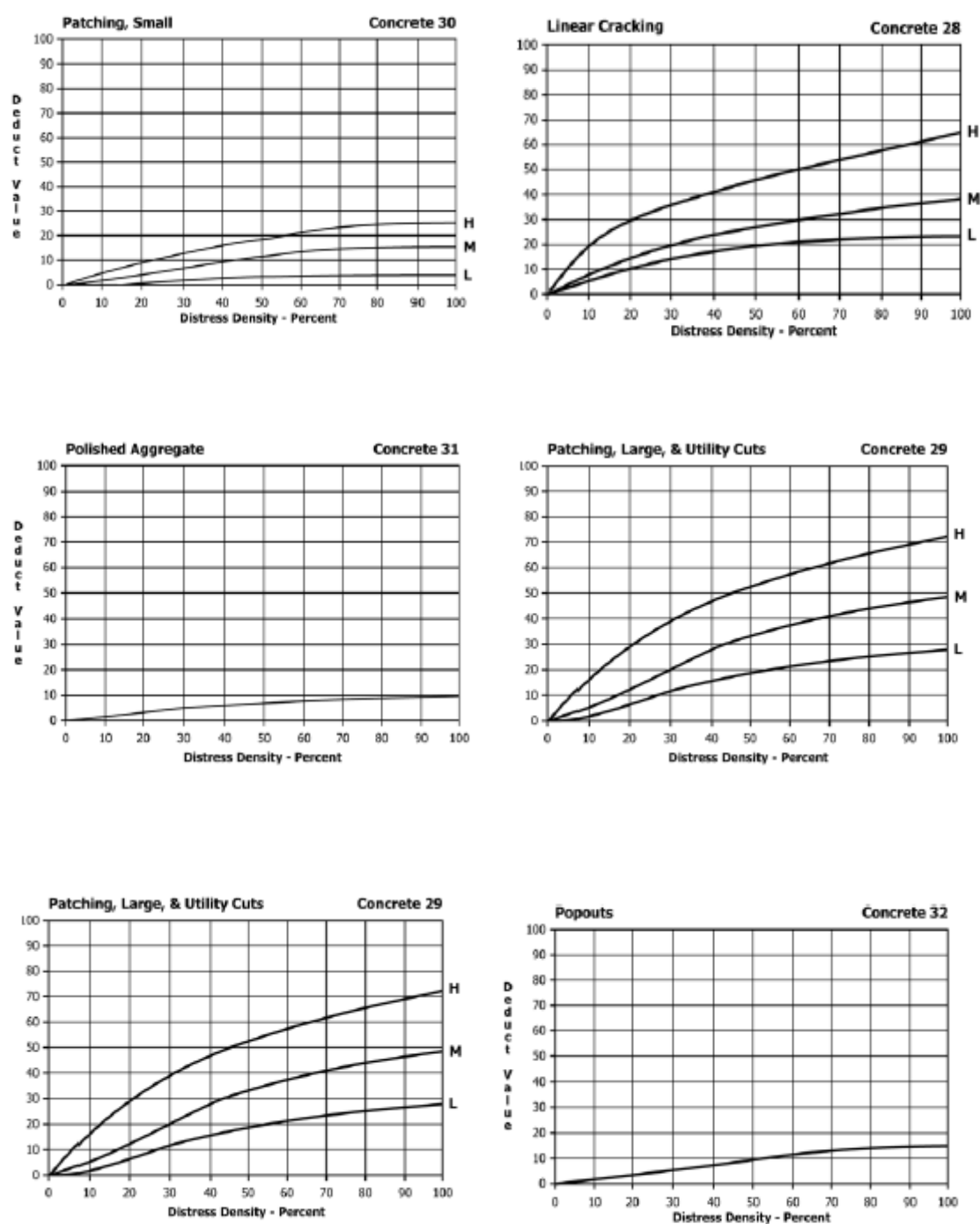


Figura 97. Gráficas del Valor Deducido

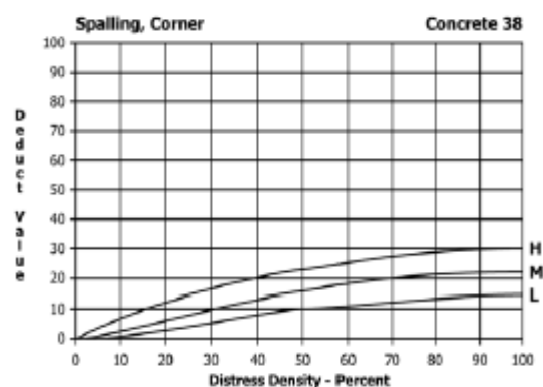
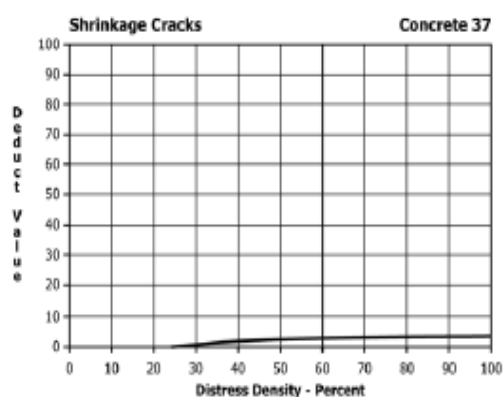
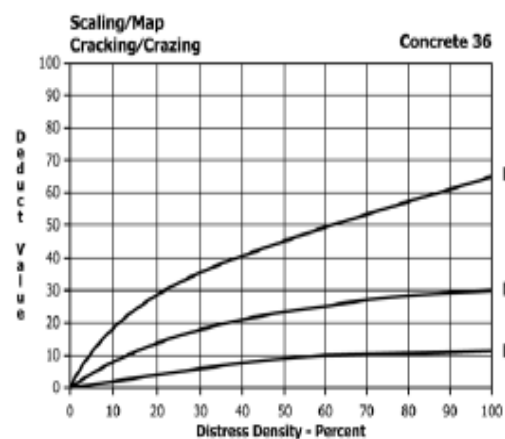
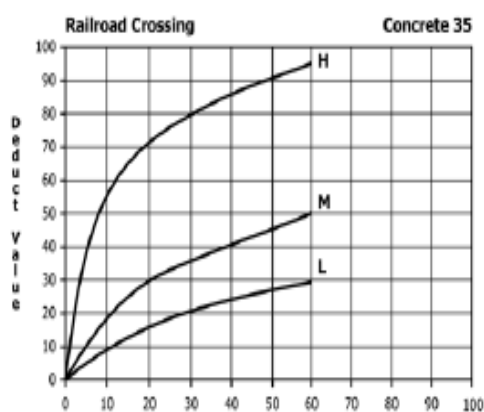
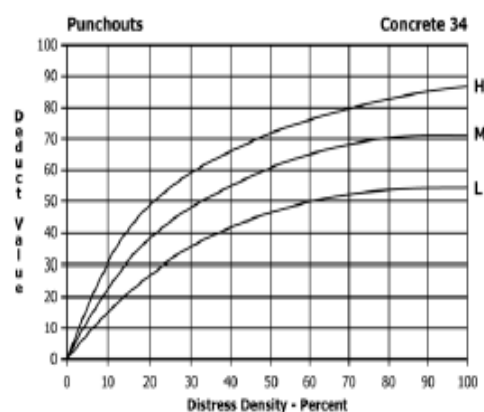
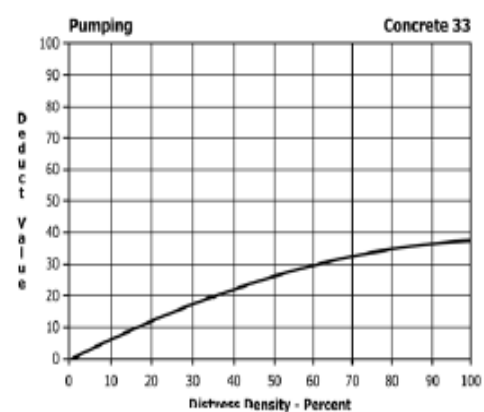
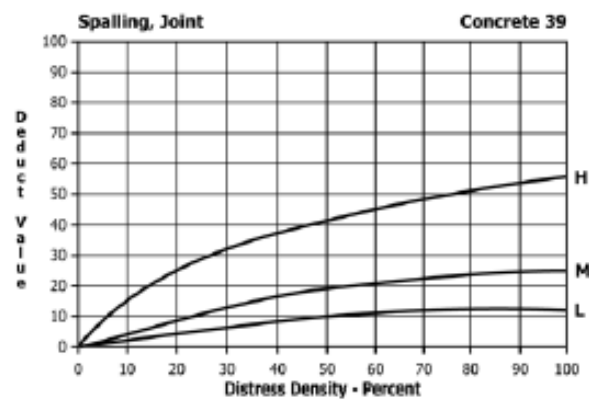
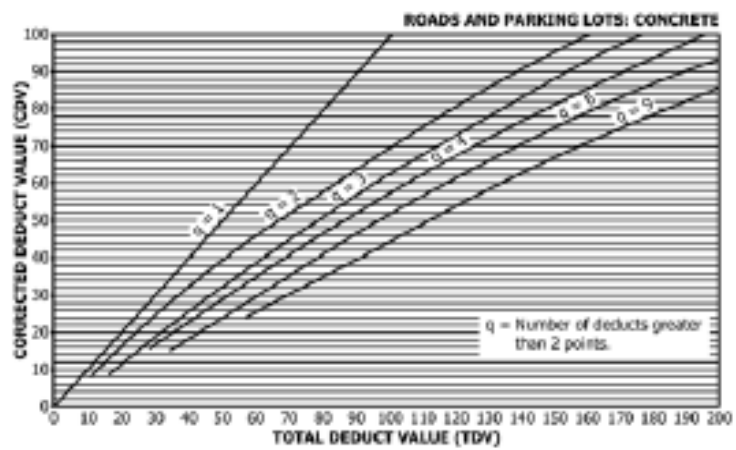


Figura 98. Gráficas del Valor Deducido



*Figura. Gráfica del Valor Deducido*



*Figura 99. Curva valor deducible corregido*



## ANEXO F. MANUAL DE FALLAS DEL PAVIMENTO FLEXIBLE

### METODOLOGÍA WHINSHIELD PAVEMENT CONDITION

1. Piel de Cocodrilo (incluye grietas selladas)
2. Grietas Transversales y de Reflexión
3. Ahuellamiento
4. Parches

La descripción de las fallas mencionadas están descritas en el MANUAL DE FALLAS PCI, a continuación se describirá niveles de severidad, medición de cada una de ellas.

#### 1. Piel de Cocodrilo

##### Niveles de Severidad

- **No es grave:** grietas longitudinales levemente desconectadas.
- **Grave:** existe una desconexión considerables entres las grietas.
- **Muy grave:** Desprendimiento del pavimento, desconexión total de las grietas.

##### Conteo

- **Raro:** menos del 10% de área total de la superficie del pavimento analizado.
- **Ocasional:** Entre el 10 al 50% de área total de la superficie del pavimento analizado.
- **Frecuentemente:** Mayor al 50% de área total de la superficie del pavimento analizado.

#### 2. Grietas Transversales y de reflexión

##### Niveles de Severidad

- **No es grave:** Grieta levemente visible.
- **Grave:** Grieta considerablemente abierta.
- **Muy grave:** Las grietas se encuentran de manera espaciada y adyacente.



### Conteo

No existe medición ya que se lo realiza conduciendo un vehículo, únicamente en el formato del MTOP se señala si existe o no fisuras transversales o de reflexión.

### 3. Ahuellamiento

#### Niveles de Severidad

- **Menor a ½ pulg:** cuando después de una esorrentía se nota levemente el agua en el pavimento casi no es notorio.
- **Mayor a ½ pulg:** capaz del agua quedarse estancada después de una esorrentía.

### Conteo

- **Raro:** cuando en el tramo de la superficie analizada no es notorio este tipo de falla y se da de manera irregular en el tramo de vía.
- **Extendido:** si en el tramo de la superficie analizada se da de manera extensa este tipo de falla casi que cubre toda la longitud del tramo de vía.

### 4. Parches

#### Niveles de Severidad

- **Si :** existe bacheo en la superficie analizada
- **No:** no existe ningún trabajo de bacheo en la superficie analizada

### Conteo

- Si el área de bacheo en la sección analizada es menor del 10%
- Si el área de bacheo en la sección analizada es mayor del 10%



## ANEXO F1. CURVAS DE VALORES DEDUCIBLES PARA PAVIMENTOS ASFÁLTICOS (WHINSHIELD)

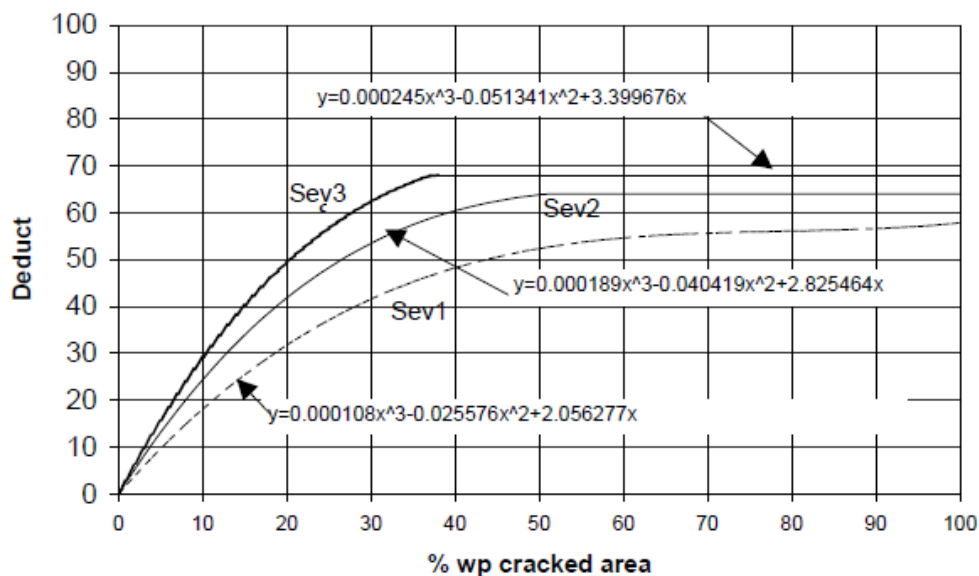


Figura 100. Gráfica del valor deducido de la falla Piel de Cocodrilo

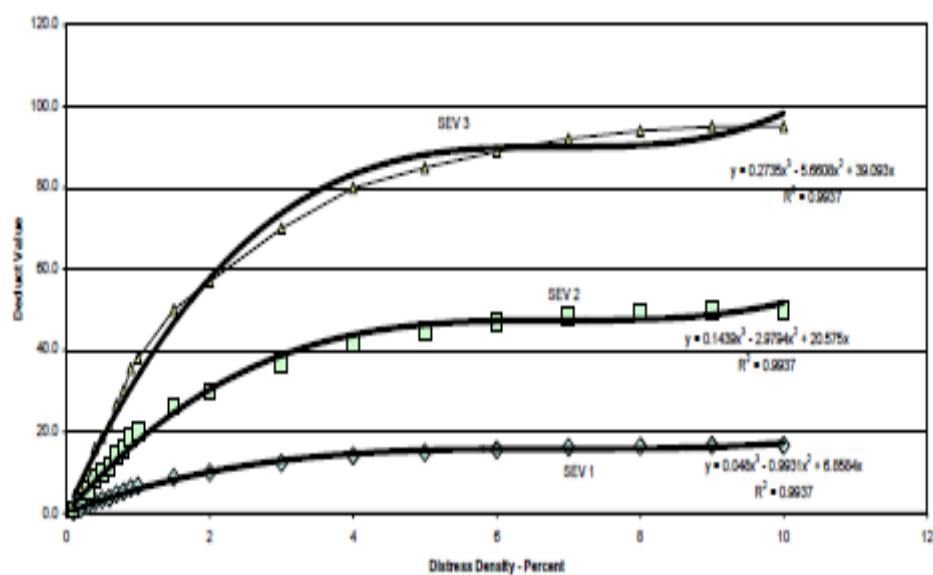


Figura 101. Gráfica del valor deducido de la falla Grieta Transversales y Reflexión

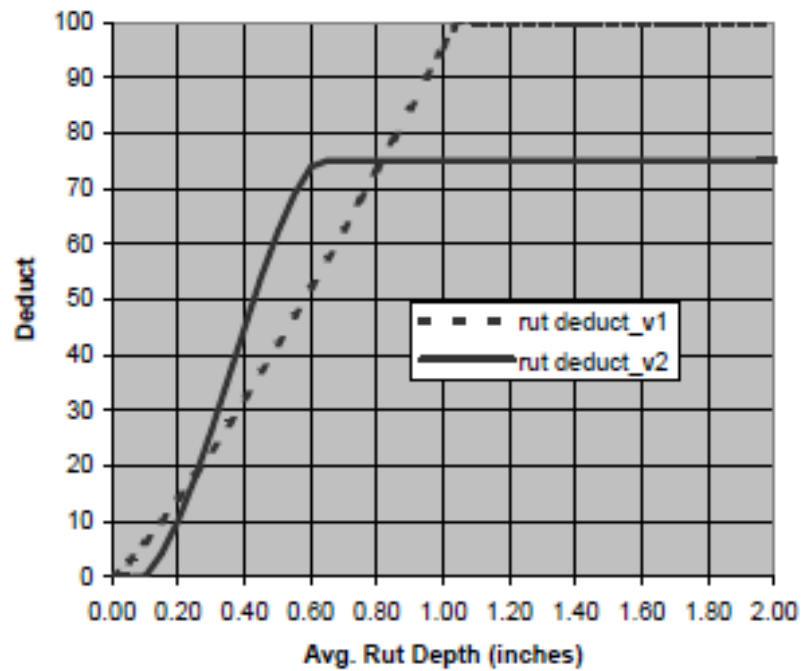


Figura 102. Gráfica del valor deducido de la falla Ahuellamiento

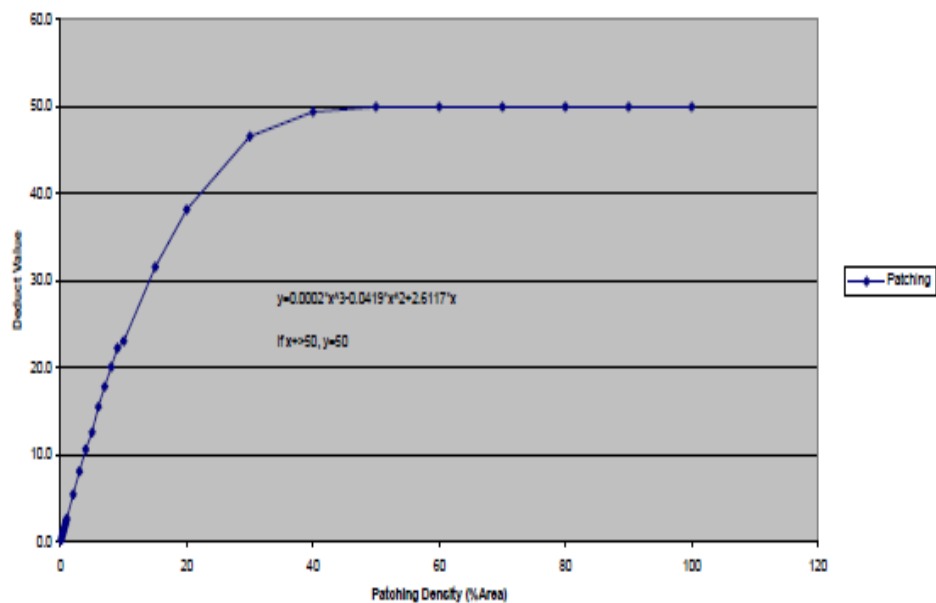


Figura 103. Gráfica del valor deducido de la falla Parcheo



## ANEXO G. MANUAL DE FALLAS METODOLOGÍA MTOP

Los deterioros se clasifican en dos grandes grupos, atendiendo a la naturaleza de los firmes en que se presentan:

### 1) Deterioros en Pavimentos Flexibles

Deformaciones (rodera, hundimiento, blandón, cordón longitudinal, arrollamiento transversal, firme ondulado, ondulación, huella, protuberancia y burbuja).

Roturas (fisuras o grieta longitudinal central, fisura o grieta longitudinal lateral, fisura o grieta transversal, fisura o grieta errática, fisura o grieta parabólica, piel de cocodrilo- cuarteo en malla fina, cuarteo en malla gruesa, grietas en las rodadas, fisura o grieta en el borde de la calzada, grieta reflejada, grieta curva y fisuras finas).

Desprendimiento (firme brillante, descarnadura, áridos pulimentados, peladura, bache, fallo de envuelta, desintegración, verruga y estriado).

Exudaciones (exudación, flujo de ligantes, mancha de humedad y ascensión de finos).

### 2) Deterioros en firmes rígidos

Deformaciones (escalonamiento y asiento).

Roturas (fisuras a grieta longitudinal, fisura o grieta transversal, rotura de esquina, cuarteo en malla grande, piel de cocodrilo o cuarteo en malla fina, rotura de junta transversal, descascarillado, pérdida de estanquidad, pandeo, desconchado, arranque de árido grueso, bache, peladura).

Otros defectos (falta de textura superficial, desgaste en las rodadas y junta longitudinal abierta).

Existen otras clasificaciones de los tipos de deterioros superficiales, que simplifican los anteriormente citados:

Grietas longitudinales, grietas transversales, Piel de cocodrilo, grietas de borde, desprendimientos, exudación y baches.

## DETERIOROS



Se describen de forma especial, a continuación, algunos de los tipos de deterioro:

### **1) Fisuras (Paterson, W. 19995)**

La presencia de fisuras es un primer aviso de la aparición de problemas en la carreta. Esto se debe a que se han sobrepasado los límites de resistencia del firme, debido a las cargas de tráfico, a las condiciones climáticas o a problemas con la explanada. Es una señal crítica ya que si no se actúa rápidamente los costes de conservación se elevarán mucho.

### **2) Peladuras**

Este tipo de desperfecto se refiere a una zona localizada en la que la capa de rodadura se ha desprendido del firme. Su origen es una mal adherencia con la capa inferior, insuficiente espesor o estabilidad de la capa de rodadura y la acción del tráfico sobre una capa de rodadura mal realizada o dimensionada.

Cuando se realiza su evaluación hay que cuantificar su extensión, localización transversal, longitud del tramo afectado metros, porcentaje de la calzada afectada por el deterioro en dicha longitud y su medida (longitud y anchura media del deterioro en cm.)

Los demás deterioros fueron desarrollados en el **MANUAL DE FALLAS DEL PCI**.



## ANEXO H. MANUAL DE FALLAS EN VÍAS SIN CAPA DE RODADURA (URCI)

**81. Sección Transversal Inadecuada**

**82. Drenaje Lateral Inadecuado**

**83. Corrugaciones**

**84. Polvo**

**85. Huecos**

**86. Huellas**

**87. Agregado suelto**

### **81. Sección Transversal Inadecuada**

#### **Descripción**

La corona de una vía no pavimentada debe tener una pendiente óptima desde el eje hasta las bermas con el objetivo de drenar adecuadamente el agua de la superficie de la misma.

Se considera que la sección transversal de una vía no pavimentada es inadecuada cuando la superficie de la misma no ha sido mantenida de tal manera que el agua se dirigirá hacia las cunetas.

#### **Niveles de Severidad**

##### **➤ Nivel de severidad bajo (L):**

- Se observa en la superficie de la vía pequeñas cantidades de agua empozada.
- La superficie de la vía no pavimentada es totalmente plana.

##### **➤ Nivel de severidad medio (M):**

- Se observa en la superficie de la vía moderadas cantidades de agua empozada
- La superficie de la vía no pavimentada tiene forma tazón.

##### **➤ Nivel de severidad alto (H)**

- Se observa en la superficie de la vía cantidades de agua empozada a considerar.
- La superficie de la vía no pavimentada contiene depresiones graves.

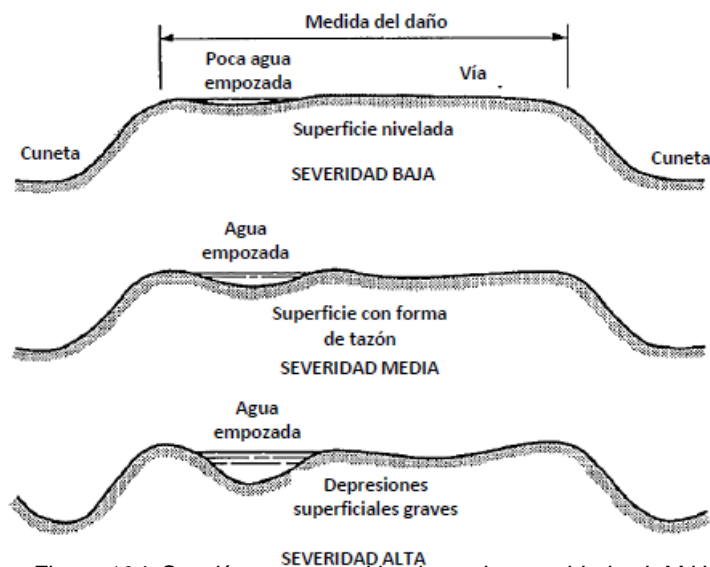


Figura 104. Sección transversal inadecuada severidades L,M,H

### Medida

- La sección trasversal se mide en metros lineales por cada unidad de inspección. La medida se lo realiza sobre el eje de la vía o paralela a la misma.
- La longitud máxima del daño no puede superar la longitud total de la unidad de inspección.

### Opciones de reparación

- **L:** Renivelación
- **M:** Renivelación, adición de material, reconstrucción del peralte de las curvas , ajuste las transiciones
- **H:** Realizar una excavación hasta la base , añadir agregado uniformemente , humecte y finalmente compacte

## 82. Drenaje Lateral Inadecuado

### Descripción

Un mal drenaje se convierte en un inconveniente cuando las cunetas y alcantarillas no se encuentran en una condición óptima para conducir el agua lluvia debido a mantenimientos inadecuados.

## Niveles de Severidad

### Nivel de severidad bajo (L):

- Existen pequeñas cantidades de agua estancada en las cunetas.
- Incremento de detritos en las cunetas.

### ➤ Nivel de severidad medio (M):

- Moderadas cantidades de agua estancada en las cunetas
- Erosión de las cunetas hacia el interior de la calzada.

### ➤ Nivel de severidad alto (H):

- Cantidades excesivas de agua estancada en las cunetas.
- Incremento excesivo de detritos en las cunetas.
- Erosión de las cuentas hacia el interior de la calzada.

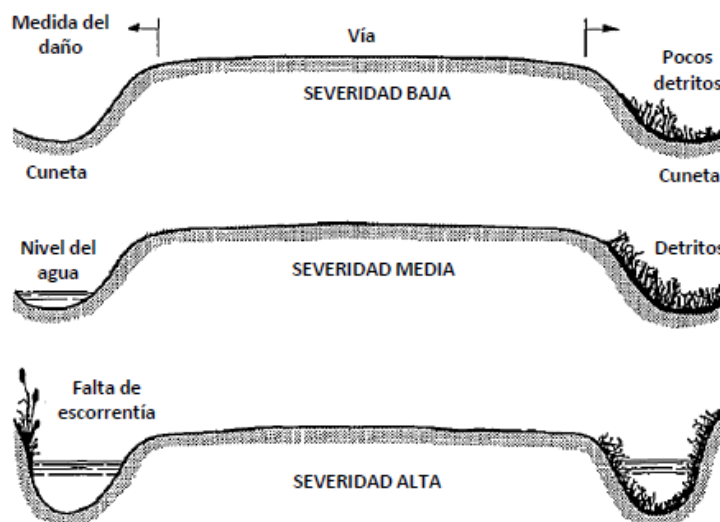


Figura 105. Drenaje Lateral inadecuado severidades L,M,H

## Medida

La medida del problema de drenaje en la vía se lo hace en metros lineales por cada unidad de inspección y de manera paralela al eje de la misma, la longitud máxima del daño puede ser dos veces a longitud de la unidad de inspección.

## Opciones de Reparación

- **L:** Realizar una limpieza de las cunetas durante cierto período en el año.
- **M:** Realizar limpieza de las alcantarillas, o ampliar las cunetas.
- **H:** instalación de drenes subsuperficiales, ampliación de las alcantarilla, recubrimiento de las cunetas con geotextiles.

### 83. Corrugaciones

#### Descripción

También conocida como ondulaciones son crestas con poco espaciamiento entre ellas y se presentan en intervalos continuos.

Las crestas se presentan en forma perpendicular a la dirección de tráfico, este tipo de daño suele ser causado por la acción de las cargas de tránsito y agregado suelto.

#### Niveles de Severidad

- **L:** Las corrugaciones son menores a 25mm de profundidad.
- **M:** Las corrugaciones tienen entre 25 y 75 mm de profundidad.
- **H:** Las corrugaciones tienen mas de 75 mm de profundidad

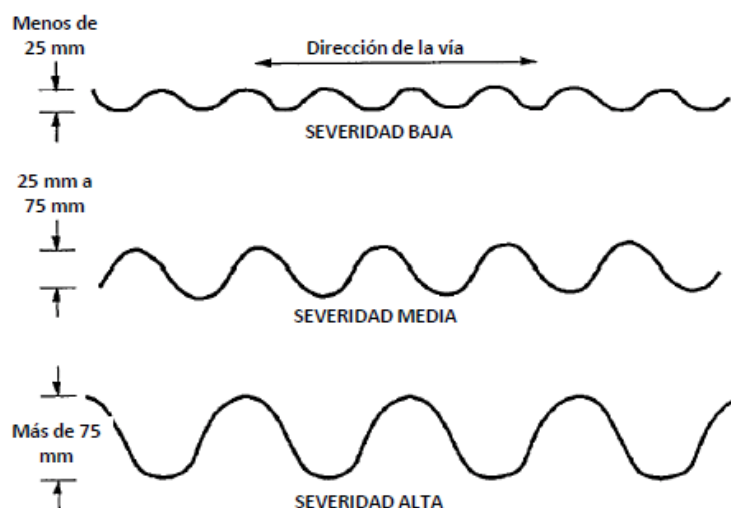


Figura 106. Corrugación severidades L,M,H

#### Medida

Las corrugaciones se miden m<sup>2</sup> de área superficial afectada dentro de la unidad de inspección, el área de daño afectada no debe exceder al área total de la unidad de inspección.

#### Opciones de reparación

- **L:** Renivelación
- **M:** Renivelación, adición de material, y compactación.
- **H:** Realizar una excavación hasta la base , añadir agregado uniformemente , humecte y finalmente compacte

### 84. Polvo

#### Descripción





Es causado por las cargas de tránsito sobre las vías no pavimentadas la cual provocará que las partículas gruesas de la matriz de suelo fino se aflojen, a medida que pasa el tránsito las nubes de polvo crean un peligro para los demás vehículos que circulan por detrás, de igual manera este daño en la vía podría causar problemas ambientales importantes.

### Niveles de Severidad

- **L:** El tránsito vehicular produce un polvo fino que no causa obstrucción en la visibilidad.
- **M:** El tránsito vehicular produce una nube de polvo moderadamente espesa que causa parcialmente la visibilidad y esto hace que el conductor disminuya la velocidad.
- **H:** El tránsito vehicular produce una nube espesa que obstruye de manera total la visibilidad del conductor la misma que hace que disminuya la visibilidad o que se detenga el vehículo.

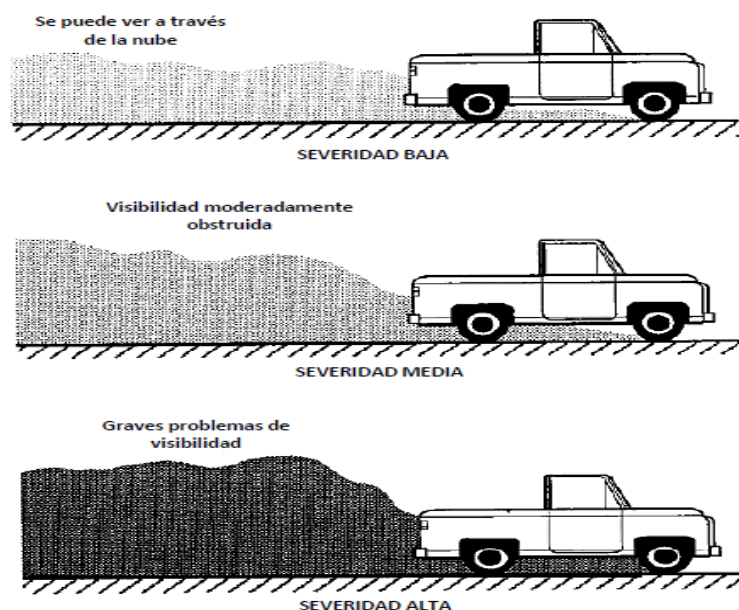


Figura 107. Polvo severidades L,M,H

### Medida

Se mide conduciendo un vehículo a una velocidad de 40 km/hr y observe la nube de polvo generada.

## Opciones de Reparación

- L: Aplicación de agua en toda la superficie de la vía no pavimentada.
- M: Aplicación de un agente estabilizante.
- H: Incremente el uso de agente estabilizante , principalmente se realiza excavando hasta la base , añadir estabilizante , agua y finalmente compacte

## 85. Huecos

### Descripción

Los huecos son depresiones en la superficie de la vía no pavimentada en forma de tazón, suelen tener un diámetro menor a 1000 mm y se forman por las carga de tránsito, la cual arranca pedazos de la superficie, el tamaño de estas depresiones aumentan de manera rápida cuando se acumula agua dentro de los mismos.

### Niveles de Severidad

Los niveles de severidad de los huecos se basan en el diámetro y profundidad de los mismos de acuerdo al siguiente cuadro.

Profundidad máxima	Diámetro promedio			
	Menos de 300 mm	300 mm a 600 mm	Más de 600 mm a 1,000 mm	Más de 1,000 mm
13mm – 50 mm	L	L	M	M
>50 mm – 100 mm	L	M	H	H
> 100 mm	M	H	H	H

Tabla. Cuadro de severidades L, M, H

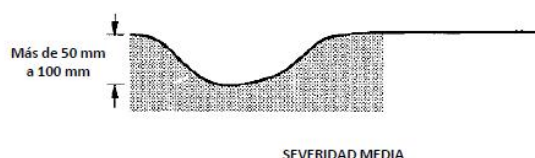


Figura 108. Huecos severidades L,M,H

## Medida

Los huecos se miden contando aquellos que son de diferentes severidades entro de la unidad de inspección y registrando de manera independiente.

## Opciones de Reparación

- L: Renivelación
- M: Renivelación , adición de material agua , agregado , una mezcla 50/50 de cloruro de calcio y grava triturada y finalmente compactación
- H: Realizar una excavación hasta la base, añadir agregado, humecte y compacte.

## 86. Huellas

### Descripción

Es una depresión superficial en la trayectoria de las ruedas y es paralela a la vía. Son causadas por la deformación de las capas de la vía o la subrasante, son resultado de las cargas producidas por el tránsito vehicular, un ahuellamiento considerable pueden destruir la vía por completo.

### Niveles de Severidad

- L: Las huellas tienen menos de 25mm de profundidad.
- M: Las huellas tienen entre 25 a 75 mm de profundidad.
- H: Las huellas tienen más de 75 de profundidad.

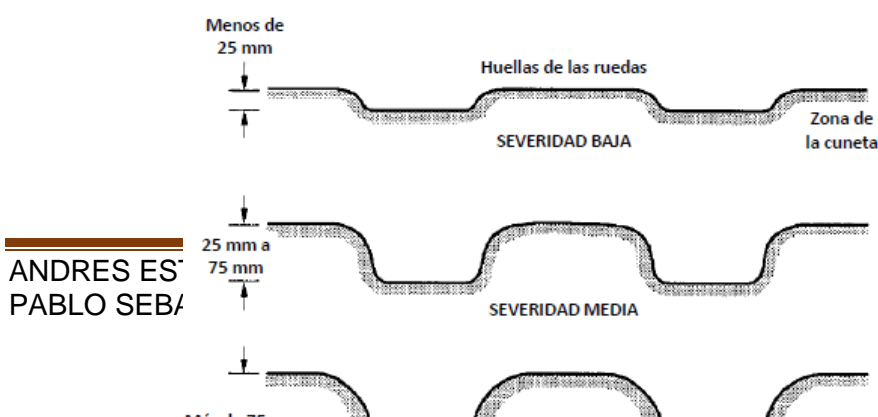


Figura 109. Huellas severidades L,M,H

## Medida

Las huellas se miden en  $m^2$  de área superficial dañada en la unidad de inspección.

## Opciones de Reparación

- L: Renivelación.
- M: adición de material y compactación.
- H: realizar una excavación hasta la base, añadir agregado, humectar y finalmente compactar.

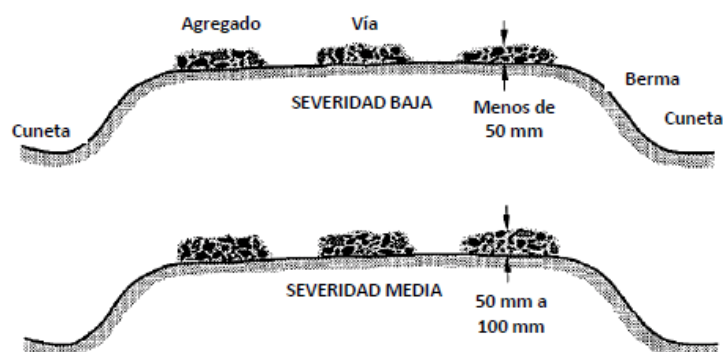
## 87. Agregado suelto

### Descripción

Las partículas de agregado de matriz de suelo fino se desintegraran debido a la cargas producidas por el tránsito vehicular, esto lleva a la perdida de partículas de agregado en la superficie de la vía o berma.

### Niveles de Severidad

- L: Se observa agregado suelta en la superficie de la vía menor de 50 mm de espesor
- M: Se observa agregado suelto entre 50mm y 100 mm de espesor.
- H: Se observa agregado suelto de más 100 mm de espesor





*Figura 110. Agregado Suelto severidades L,M,H*

### **Medida**

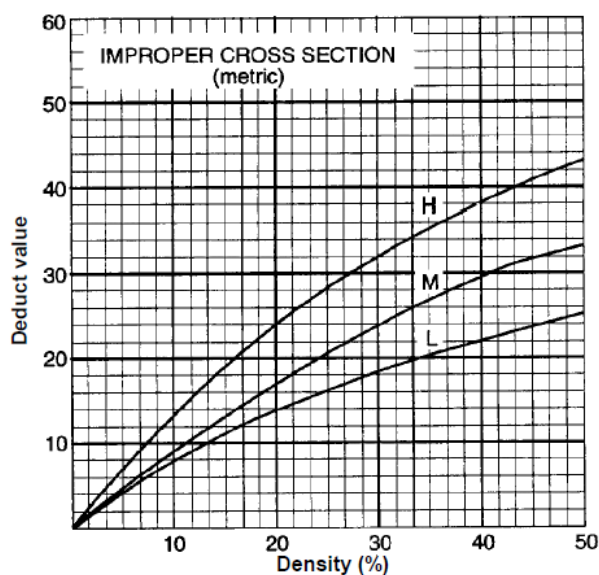
El agregado suelto se mide en metros lineales y de manera paralela al eje de la unidad de inspección.

### **Opciones de Reparación**

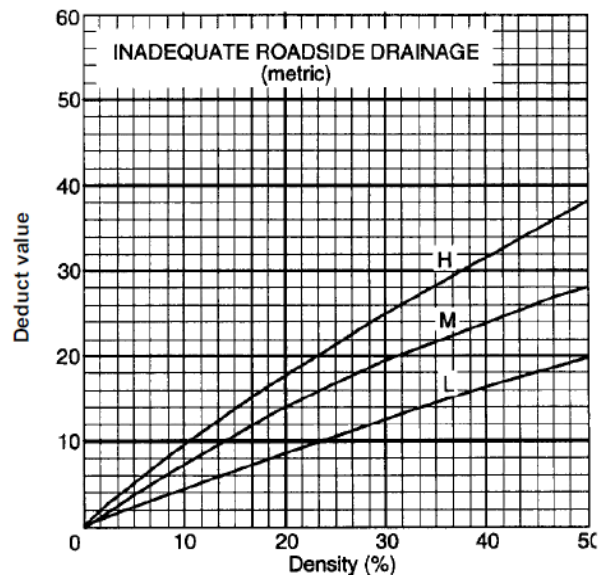
- **L:** Renivelación
- **M:** Adicionar material y compactar
- **H:** realizar una excavación hasta la base, añadir agregado, humectar y finalmente compactar.



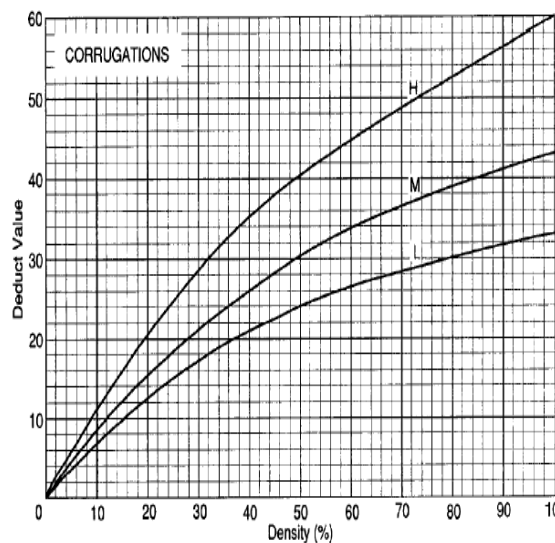
## ANEXO H1. CURVAS DE VALORES DEDUCIBLES PARA VÍAS NO PAVIMENTADAS(URCI)



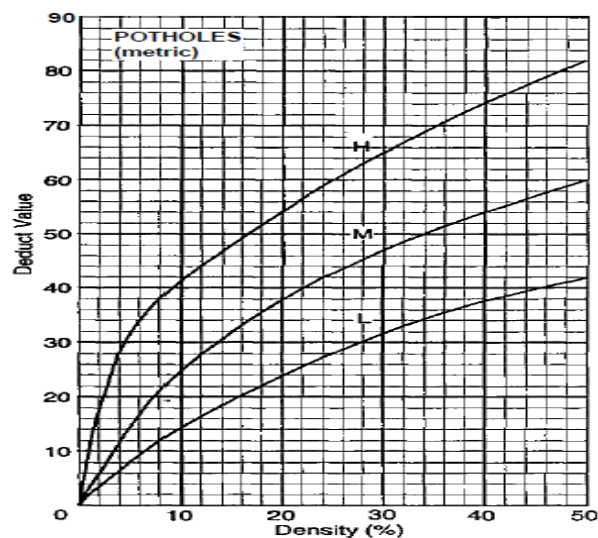
**A)** Sección Transversal Inadecuada Lateral Inadecuado



**B)** Drenaje



**C)** Corugaciones



**D)** Huecos

Figura 111. Gráficas del Valor Deducido

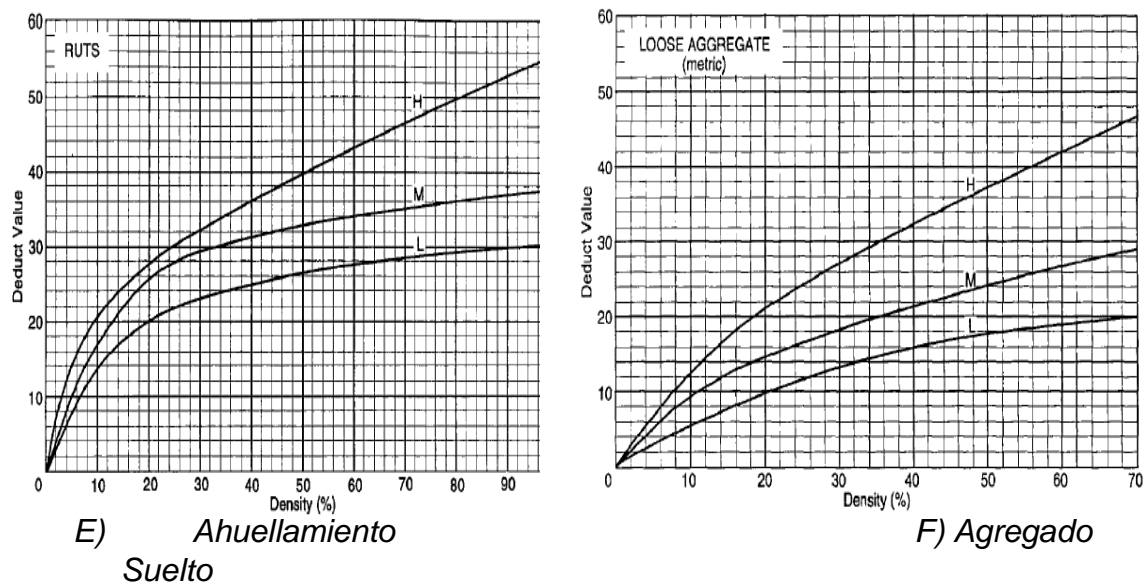


Figura 112. Gráficas del Valor Deducido

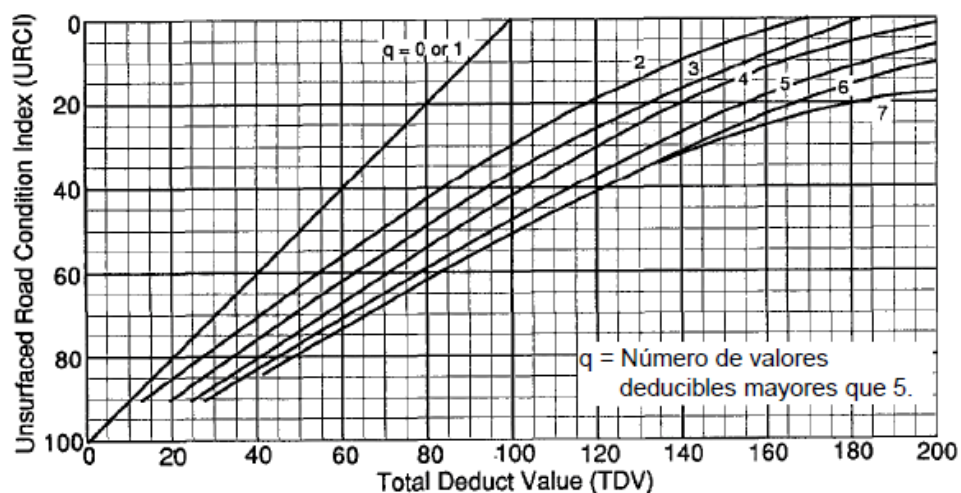


Figura 113. Curva de corrección del valor total deducible para vías sin capa de rodadura





## **ANEXO I. MANUAL DE FALLAS EN VÍAS SIN CAPA DE RODADURA (PASER)**

- 1. Corona**
- 2. Drenaje**
- 3. Capa de grava**
- 4. Deformaciones superficiales**
  - **Baches**
  - **Surcos**
- 5. Defectos superficiales**
  - **Polvo**
  - **Agregado suelto**

### **1. Corona**

#### **Definición**

En camino de tierra una corona debe ser construida de manera rápida ya que el agua drene fuera del camino. Si no es así, el agua se queda en estancada. La construcción de una corona en el camino haciendo el centro de la carretera más alto que el hombro mejora el drenaje. Normalmente, una carretera de grava tendrá 4" - 6" de corona, o caer, desde su centro hasta el borde.

### **2. Drenaje**

#### **Definición**

Cunetas y alcantarillas deben ser capaces de manejar el flujo de agua de la superficie. Sin adecuadas zanjas podría estancarse el agua en la calzada. La zanja debe poseer un ancho y profundidad suficiente para dar cabida a toda el agua que cae en la superficie. Debe tener una inclinación la vía para que el agua drene y no se obstruya.

#### **Opciones de reparación**

- La limpieza de zanjas es un mantenimiento rutinario que se debe realizar con el objetivo de que el agua fluya normalmente y no se estanque.
- Las alcantarillas suelen llenarse de escombros y sedimentos por lo que se debe realizar una limpieza para mantener la capacidad de carga de agua.
- Sustitución de la esclera es necesario para evitar la erosión.

### **3. Capa de Grava**

Las cargas producidas por el tráfico requieren una capa adecuada de grava para transportar y distribuir las cargas de tráfico pesado y dar la estabilidad a los subsuelos, normalmente se requiere una capa mínimo de 6" , las capas más pesadas son de hasta 10" o más, a veces se utilizan para cargas pesadas o malas condiciones del suelo. La grava debe ser de buena calidad para ofrecer





un servicio a largo plazo. La gradación y la durabilidad de la son factores importantes a considerar.

#### **4. Deformación en la superficie**

##### **4.1 Baches**

###### **Definición**

Los baches y depresiones se desarrollan en la superficie de la vía. Son causados porque el material de la superficie se desgasta. Los baches pueden contener con agua de escorrentía lo cual significa que hará más frágil el suelo, básicamente el factor que provoca este deterioro son las carga repetitivas de tráfico.

##### **4.2 Surcos**

###### **Definición**

Las cargas de tráfico pueden crear una depresión superficial o huellas sobre una parte de la carretera. Los surcos pueden ser causados por el levantamiento de la grava de la superficie. La Grava suelta es muy inestable ya que puede ser desplazado por el tráfico causando surcos superficiales menores. También puede ser causado por las malas condiciones de la corona y drenaje ya que debilitan la base y aceleran la formación de surcos.

#### **5. Defectos Superficiales**

##### **5.1 Polvo**

###### **Definición**

Es causado por las cargas de tránsito sobre las vías no pavimentadas la cual provocará que las partículas gruesas de la matriz de suelo fino se aflojen, a medida que pasa el tránsito las nubes de polvo crean un peligro para los demás vehículos que circulan por detrás, de igual manera este daño en la vía podría causar problemas ambientales importantes.

##### **5.2 Agregado Suelto**

###### **Definición**

Las partículas de agregado de matriz de suelo fino se desintegraran debido a la cargas producidas por el tránsito vehicular, esto lleva a la perdida de partículas de agregado en la superficie de la vía o berma.



### Medida de Evaluación

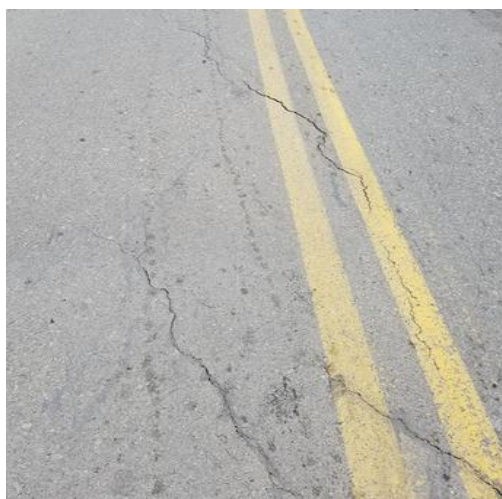
El método Paser califica a la vía no pavimentada en un rango de 1 a 5, en la siguiente tabla se mostrará la calificación, la condición y las medidas de tratamiento a usar posteriormente.

Calificación de la Superficie	Condición	Medidas de tratamiento
<b>5 Excelente</b>	El grado de polvo de la vía es controlable para los conductores, excelente estado de la superficie	Debido a que existe una excelente condición del pavimento, esto incluye un buen drenaje se necesita poco o ningún mantenimiento
<b>4 Bueno</b>	Existe cierta cantidad de polvo bajo condiciones seca, agregado suelto moderado.	La vía posee una buena corona, existe drenaje en todas partes, se podría implementar un mantenimiento periódico durante todo el año.
<b>3 Justa</b>	Posee una buena corona (3" - 6 ") , las zanjas son adecuado en más del 50% de la calzada, puede ser necesario la adición de agregado a lo largo de la vía para corregir lavado de las partículas, polvo moderado, nublado parcialmente, pequeños baches en la superficie.	Limpieza de las alcantarillas  Mejoramiento de las zanjas  Mantenimiento periódico de las alcantarillas  Algunas áreas de la vía podría ser añadido grava.
<b>2 Pobre</b>	Poco o ninguna corona en la calzada, las zanjas suelen estar cubiertos de capas vegetales lloque ocasiona que el agua se quede estancada, las alcantarillas están cubierto de escombros, baches moderados entre el 10% al 25% del área total de la superficie	Se necesita un nuevo agregado adicional  Construcción y mantenimiento de zanjas  Alcantarillado en óptimas condiciones, mantenimiento periódico de las mismas.
<b>1 Fallado</b>	La vía presenta en forma de cuenca lleno de charco, no existe coronas, baches de alta severidad.	El viaje resultado peligroso, se necesita la reconstrucción completa de la vía y la implementación de alcantarillas



## ANEXO J. FALLAS EN LA RED DE VÍAS EVALUADAS

### **CALLE F1**



*Grietas Longitudinales y Transversales*



*Hueco*



*Parqueo*



*Piel de Cocodrilo*

### **CALLE F2**



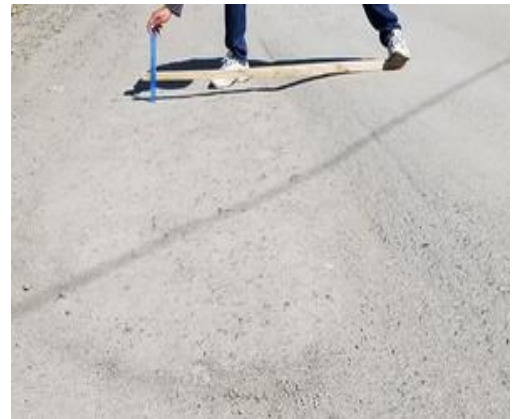
*Desprendimiento de Agregados*



*Hundimiento*



*Huecos*



*Depresión*



*Grietas longitudinales y transversales*

### **CALLE F3**



*Desprendimiento de Agregados*



*Piel de Cocodrilo*





*Hundimiento y Parcheo*



*Grieta de Borde*



*Depresión*

**CALLE F4**



*Hueco*



*hundimiento*



*Grieta Longitudinal*



*Pulimiento de Agregados*



*Grieta de Borde*



*Piel de Cocodrilo*

***Calle F5***



*Pulimiento de Agregados*



*Grieta de Borde*





*Depresión*



*Desnivel Carril Berma*



*Baches*

**CALLE F6**



*Pulimiento de Agregados*



*Piel de Cocodrilo y Parcheo*



**CALLE F7**



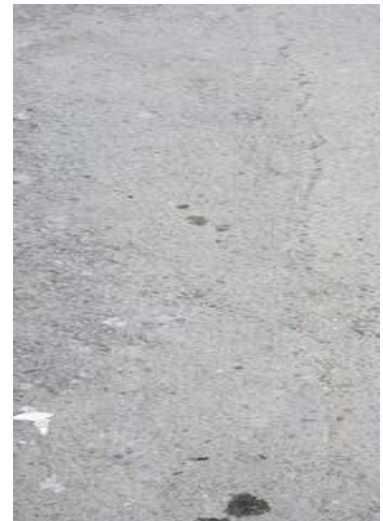
*Desnivel carril y berma*



*Pulimiento de Agregados*



*Parqueo*



*Grietas Longitudinales*



*Parqueo por servicios públicos*





**CALLE F8**



*Desprendimiento de Agregados*



*Parqueo por servicio Público*



*Baches*

**CALLE F9**



*Hinchamiento*



*Desprendimiento de agregados*



*Baches*



*Parcheo*

**CALLE F10**



*Desprendimiento de Agregados*



*Bache*



*Parcheo servicio público*





**CALLE F11**



*Piel de cocodrilo*



*Desprendimiento de Agregados*



*Grieta de borde*

**CALLE F12**



*Parcheo*



*Exudació*



**CALLE R1**



*Grieta Lineal*



*Pulimiento de Agregados*



*Descascaramiento de Junta*



*Popouts*



*Parqueo Servicio Público*



*Grieta de Retracción*





**CALLE R2**



*Escala*



*Descascaramiento de Junta*



*Parqueo Servicio Público*



*Grieta de Retracción*



*Losa dividida*



**FALLAS VÍAS NO PAVIMENTADAS**



*Drenaje inadecuado en el borde de la carretera*



*Surcos*



*Agregado Suelto*



*Baches*



*Polvo*



*Corrugaciones*

